This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

Über dieses Buch

Dies ist ein digitales Exemplar eines Buches, das seit Generationen in den Regalen der Bibliotheken aufbewahrt wurde, bevor es von Google im Rahmen eines Projekts, mit dem die Bücher dieser Welt online verfügbar gemacht werden sollen, sorgfältig gescannt wurde.

Das Buch hat das Urheberrecht überdauert und kann nun öffentlich zugänglich gemacht werden. Ein öffentlich zugängliches Buch ist ein Buch, das niemals Urheberrechten unterlag oder bei dem die Schutzfrist des Urheberrechts abgelaufen ist. Ob ein Buch öffentlich zugänglich ist, kann von Land zu Land unterschiedlich sein. Öffentlich zugängliche Bücher sind unser Tor zur Vergangenheit und stellen ein geschichtliches, kulturelles und wissenschaftliches Vermögen dar, das häufig nur schwierig zu entdecken ist.

Gebrauchsspuren, Anmerkungen und andere Randbemerkungen, die im Originalband enthalten sind, finden sich auch in dieser Datei – eine Erinnerung an die lange Reise, die das Buch vom Verleger zu einer Bibliothek und weiter zu Ihnen hinter sich gebracht hat.

Nutzungsrichtlinien

Google ist stolz, mit Bibliotheken in partnerschaftlicher Zusammenarbeit öffentlich zugängliches Material zu digitalisieren und einer breiten Masse zugänglich zu machen. Öffentlich zugängliche Bücher gehören der Öffentlichkeit, und wir sind nur ihre Hüter. Nichtsdestotrotz ist diese Arbeit kostspielig. Um diese Ressource weiterhin zur Verfügung stellen zu können, haben wir Schritte unternommen, um den Missbrauch durch kommerzielle Parteien zu verhindern. Dazu gehören technische Einschränkungen für automatisierte Abfragen.

Wir bitten Sie um Einhaltung folgender Richtlinien:

+ *Nutzung der Dateien zu nichtkommerziellen Zwecken* Wir haben Google Buchsuche für Endanwender konzipiert und möchten, dass Sie diese Dateien nur für persönliche, nichtkommerzielle Zwecke verwenden.

+ *Keine automatisierten Abfragen* Senden Sie keine automatisierten Abfragen irgendwelcher Art an das Google-System. Wenn Sie Recherchen über maschinelle Übersetzung, optische Zeichenerkennung oder andere Bereiche durchführen, in denen der Zugang zu Text in großen Mengen nützlich ist, wenden Sie sich bitte an uns. Wir fördern die Nutzung des öffentlich zugänglichen Materials für diese Zwecke und können Ihnen unter Umständen helfen.

+ *Beibehaltung von Google-Markenelementen* Das "Wasserzeichen" von Google, das Sie in jeder Datei finden, ist wichtig zur Information über dieses Projekt und hilft den Anwendern weiteres Material über Google Buchsuche zu finden. Bitte entfernen Sie das Wasserzeichen nicht.

+ *Bewegen Sie sich innerhalb der Legalität* Unabhängig von Ihrem Verwendungszweck müssen Sie sich Ihrer Verantwortung bewusst sein, sicherzustellen, dass Ihre Nutzung legal ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass ein Buch, das nach unserem Dafürhalten für Nutzer in den USA öffentlich zugänglich ist, auch für Nutzer in anderen Ländern öffentlich zugänglich ist. Ob ein Buch noch dem Urheberrecht unterliegt, ist von Land zu Land verschieden. Wir können keine Beratung leisten, ob eine bestimmte Nutzung eines bestimmten Buches gesetzlich zulässig ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass das Erscheinen eines Buchs in Google Buchsuche bedeutet, dass es in jeder Form und überall auf der Welt verwendet werden kann. Eine Urheberrechtsverletzung kann schwerwiegende Folgen haben.

Über Google Buchsuche

Das Ziel von Google besteht darin, die weltweiten Informationen zu organisieren und allgemein nutzbar und zugänglich zu machen. Google Buchsuche hilft Lesern dabei, die Bücher dieser Welt zu entdecken, und unterstützt Autoren und Verleger dabei, neue Zielgruppen zu erreichen. Den gesamten Buchtext können Sie im Internet unter `http://books.google.com` durchsuchen.

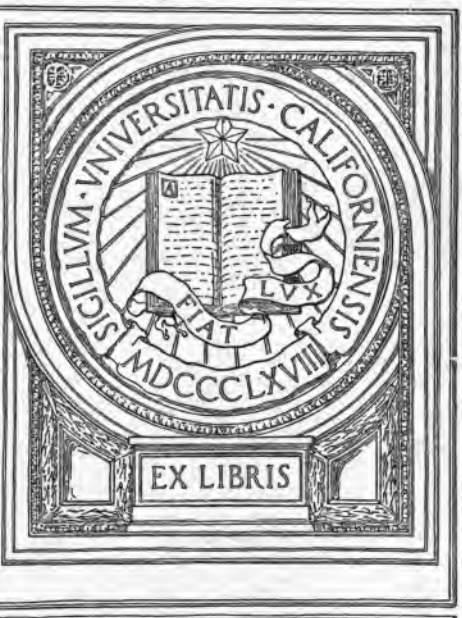
UC-NRLF
B 4 584 548

Die Drahtseile

von

Josef Hrabák

GIFT OF
Mrs. Evelyn B. Hoffmann



Die Drahtseile.

Alles Nothwendige
zur richtigen Beurtheilung, Construction und Berechnung derselben.

Eine der Praxis angepasste wissenschaftliche Abhandlung

von

Josef Hrabák,
k. k. Hofrath, emer. Professor der k. k. Bergakademie in Přibram.

UNIV. OF
CALIFORNIA

Mit 72 Textfiguren und 14 Tafeln.

BERLIN.
Verlag von Julius Springer.
1902.

TS1787
H7

Alle Rechte, insbesondere das der Uebersetzung in fremde Sprachen, vorbehalten.

UNIV. OF
CALIFORNIA

Gift of Mrs. Evelyn Burns Hoffman

Druck von H. S. Hermann in Berlin.

Vorwort.

Es könnte vielleicht auffallend erscheinen, dass über einen in der Literatur so wenig beachteten Gegenstand, wie es bisher die Drahtseile waren, ein ganzes Buch herausgegeben werden kann. Es wird dies um so auffallender sein, wenn ich versichere, dass die zwölf Capitel dieses Buches durchaus nichts Ueberflüssiges enthalten, ja an zahlreichen Stellen ziemlich gedrängt sind, derart, dass über so manche Zeile und über so manche Spalte der vorhandenen sehr zahlreichen Tabellen nach der bisherigen Gepflogenheit ganze Aufsätze hätten geschrieben werden können!

Der bedeutende Umfang des Buches bei aller Gedrängtheit des Stoffes wird dadurch erklärlich und gerechtfertigt sein, dass sich der Verfasser das Ziel setzte, nach dem Wortlaute des Titels ***„Alles Nothwendige zur richtigen Beurtheilung, Construction und Berechnung der Drahtseile“*** den Interessenten — und zwar sowohl den Theoretikern als auch den Practikern — zu bieten.

Diese erschöpfende Behandlung befolgt im Wesentlichen den theoretischen Weg, welcher auch der einzig richtige und verlässliche ist, wenn er sich — wie dies hier der Fall — in Allem und Jedem auf die Thatsachen der Anwendung und auf verständig durchgeführte Versuche stützt. Durch eine solche Theorie kommt dann so Manches zum Vorschein, was unfehlbar richtig sein muss, wenn es auch bisher verhüllt, weil empirisch nicht leicht greifbar war, wie z. B. so mancher derbe Constructionsfehler, so manche verfehlte Auffassung. Dergleichen thatsächliche Verirrungen werden hier auch wirklich aufgedeckt.

M113991

Trotz des reichen, weil eben erschöpfenden Inhaltes des vorliegenden Werkes braucht insbesondere der Practiker nicht zu befürchten, dass er sich zu dem Zwecke der practischen Drahtseil-Ausmittlungen durch den ganzen Inhalt des Buches mühsam durcharbeiten müsste. Der Verfasser befolgt hier die von ihm auch sonst (bei den Dampfmaschinen u. a.) beliebte Methode, die practischen Regeln und Angaben auf theoretischem Wege zu ermitteln, dieselben sodann für die Anwendung zusammenzufassen und dem Practiker so zu sagen fertig aufzutischen.

Die Eintheilung des Werkes in zwölf Kapitel und die ausserdem entsprechendenorts ertheilten Winke werden Jedermann in den Stand setzen, von dem Buche für den jeweiligen Zweck ohne jede Schwierigkeit Gebrauch zu machen, namentlich das Gesuchte sofort herauszufinden. Das Nothwendige für dieses schnelle Zurechtfinden besagt die nach dem Inhaltsverzeichnisse folgende »Einleitung«, so wie (schliesslich und nachhaltig) das Inhaltsverzeichniss selbst.

Přibram, im April 1902.

Josef Hrabák.

Inhalts-Verzeichniss.

Seite

Einleitung . . . . . IX bis XVI

1. Kapitel. **Geschichtliches.**

Erfindung der Drahtseile 1
Ursprüngl. Herstellung durch Handarbeit 2
Anfängliche Anfertigung mittelst Maschinen. Primitive Flechtmaschine aus Holz 3
Combinirte Flechtmaschinen in Holzconstruction 6
Combinirte Flechtmaschine in Eisenconstruction 9
Besonderes über die erste Periode der Drahtseilfabrikation in Schemnitz 11
Besonderes über die Firma „Felten & Guilleaume“ 18
Besonderes über die Drahtseilfabrik in St. Egydy, vorm. A. Fischer 19

2. Kapitel. **Allgemeines über Drahtseil-Construction und Material.**

Seilconstructionen im Allgemeinen 21
Drahtseil-Material der Gegenwart 24
Erprobung des Seildrahtes 25
Elasticitätsmodul des Drahtes 28

3. Kapitel. **Flechtmaschinen und Flechtregeln der Gegenwart.**

Grundsätze für das Flechten 31
Flechtmaschine der Gegenwart. Schema 32
Specielles für die Litzenflechtmaschine 35
Specielles für die Seilflechtmaschine 37
Näheres über den Kreuz- und Albertschlag 38
Die hier eingeführten „Litzenspiralseile“ 39
Albertschlag als Lang's Patent 41
Gekuppelte Flechtmaschinen 42
Herstellung verjüngter Drahtseile 43

4. Kapitel. **Haupttabelle:** Summarischer Drahtquerschnitt $q = i\, \delta^2 \frac{\pi}{4}$ in mm² 47

Supplement zur Haupttabelle; $\delta^2 \frac{\pi}{4}$ für alle δ 52

5. Kapitel. **Bestimmung der Seildicke und anderer Grössen für Seilconstruction.**

Bestimmung der Seildicke 53
Bestimmung anderer Grössen für Seilconstruction; Entstehung der folgenden „Seiltabellen“ 59

Seite

6. Kapitel. **Seilconstructionen aller Arten in Zahlen und Abbildungen.**

Eintheilung und Erklärung der Seilconstructionen 61
Einrichtung der folgenden „Seiltabellen“ 63
Rechnungs-Beispiel (und Tabelle) über die Spiralseile aus 7-drähtigen Litzen 70
Seiltabellen: Uebersicht 72
I. Litzen und Drahtspiralseile 73
II. Zweimal geflochtene Seile bisheriger Construction (a, b, c) . . 76
Einfache Litzenspiralseile A, B, C, D, ad C, ad D (aus 6, 8, 9 und 10 drähtigen Litzen) 84
Vieldrähtige Litzenspiralseile E, F, G, H (aus 12, 18, 36, 30 drähtigen Litzen) 92
Nachtrag zu den Litzenspiralseilen (und Vergleich). 98
III. Dreimal geflochtene Seile (Kabelseile) 102
IV. Vierlitzige Stränge der Flachseile 104
V. Flachlitzige Drahtseile 106
VI. Verschlossene Seile 108

7. Kapitel. **Theorie der Drahtseile, die Biegungsspannung betreffend.**

Biegungsspannung nach Reuleaux 111
Elasticitätsmodul des Seiles 113
Elasticitätsmodul des Drahtes im Seile. 118
Beziehungen für die Biegungsspannung 127

8. Kapitel. **Practische Anwendung der Theorie der Biegungsspannung.** Neue Seile betreffend.

Hauptresultate für die Anwendung 129
Die gewöhnlichen zweimal geflochtenen Seile als Transmissions- und Förderseile 134
Die Drahtspiralseile als Transmissions- und Förderseile 137
Die Flachseile als Förderseile 138
Seile für Aufzüge und Bremsanlagen 142
Krahnseile 143
Zwei Tabellen über die fertigen Werthe der Biegungsspannung für neue Drahtseile 146

9. Kapitel. **Ueber die Seile mit Drahteinlagen (Drahtseelen).**

Drahtseelen sind überhaupt zu vermeiden 153

10. Kapitel. **Die Drahtspiralseile als Führungsseile und Bahnseile. Verschlossene Seile als Führungs- und Brückenseile.**

Drahtspiralseile als Führungs- und Bahnseile 165
Verschlossene Seile (deutscher und französischer Construction) . . 167
Verschlossene Seile als Brückenseile 169

11. Kapitel. **Die Drahtseile beim Betriebe.**

Einleitung 173
Anleitung zur Vornahme der Dehnungs-Versuche an Förderseilen beim Betriebe 176

Seite
Tabellen über die vorgenommenen Dehnungs-Versuche an Förderseilen beim Betriebe 178
Discussion der Seildehnungs-Versuche 183
Versuchswerthe des Elasticitätsmoduls der Förderseile bei verschiedenen Seilconstructionen 186
Schlussfolgerungen 188
Tabelle über die fertigen Werthe der Biegungsspannung für die Förderseile beim Betriebe 190
Beispiel der Anwendung 192
Die Transmissions-Drahtseile beim Betriebe 193
Tabelle über die fertigen Werthe der Biegungsspannung für Transmissionsseile beim Betriebe 196

12. Kapitel. **Berechnung der Förderseile.**

Ableitung der Seilberechnungs-Formel 199
Ueber die Berechnung verjüngter Seile 203
Sicherheitsgrade der Förderseile 206
Seiltrommel- und Seilscheiben-Halbmesser 207
Beispiele der schematischen Seilausmittlung (ohne Rücksicht auf die Seilconstruction) 209
Beispiele der eigentlichen Seilausmittlung (mit Rücksicht auf die Seilconstruction) 213

Einleitung.

Es gibt in der gesammten Technik kaum einen Gegenstand, welcher verhältnissmässig so vielfach gebraucht und doch im Grunde so wenig gekannt, — so wenig studiert wäre, wie die Drahtseile.

Das, was uns in technischen Hand- und Lehrbüchern hievon practisch vorgeführt wird, sind zumeist aus den Preiscourants der Drahtseil-Fabriken entlehnte Tabellen, welche für eine höchst bescheidene Reihe von Drahtzahlen und Drahtdicken, meist ohne jede Rücksicht auf die Seilconstruction, beiläufige Angaben über die Seildicke und das Seilgewicht pro Meter enthalten; diesen Angaben sind ausgedehnte Multiplications-Tabellen über das Tragvermögen oder die Bruchbelastung für verschiedene Drahtgattungen bezw. Drahtfestigkeiten angeschlossen, welche ganz wohl und vortheilhaft durch eine einzige Spalte zu ersetzen wären, nämlich durch die richtige Angabe des effectiven Drahtquerschnittes. Solche räumlich anspruchsvolle Angaben reichen gleichwohl nur zur Noth für diejenigen hin, welche ihre Seilbestellung ohne jede weitere Ueberlegung kurzweg abthun und die Art der Ausführung, die eigentliche Seilconstruction der betreffenden Drahtseil-Fabrik überlassen wollen.

Freilich bieten die in der bisherigen Literatur dargebotenen Hilfsmittel einen höchst spärlichen Stoff für eine solche Ueberlegung. Denn das, was über die Drahtseile bisher in einzelnen Abhandlungen veröffentlicht wurde, befriedigt auch die bescheidensten wissenschaftlichen und practischen Anforderungen kaum. Theoretisch wurde nur etwa die Biegungsspannung in Betracht gezogen und, wie bekannt, unrichtig beurtheilt. Von einer irgend motivierten Darstellung der Seilconstructionen ist (bis auf eine oder die andere ganz aparte)

nirgends etwas Belehrendes zu finden. Ein einheitliches erschöpfendes Werk über die Drahtseile existiert aber in der Literatur nicht.

Kurz gesagt: die Drahtseile sind in ihrem Wesen bisher wenig bekannt und in ihrer Bedeutung sehr stark verkannt; daher kommt es auch, dass im Bereiche ihrer Anwendung vielfach grobe Fehler begangen werden! „Intra muros peccatur et extra."

Der Verfasser hat sich mit den Drahtseilen insbesondere für Schachtförderung theoretisch und practisch mehr als irgend Jemand beschäftigt und muss trotzdem aufrichtig gestehen, dass er über dieselben noch vor zwei Jahren nach mancher Richtung im Unklaren war. Erst seitdem er sich durch eine ernst genommene Studie in das Wesen der Drahtseile mit allen verfügbaren Hilfsmitteln vertiefte, wurde er selbst so weit aufgeklärt, dass er die nunmehr vorliegende literarische Arbeit zu Stande bringen konnte.

Es wird unstreitig in Fachkreisen anerkannt und bestätigt werden, dass durch das vorliegende Buch eine ganz wesentliche Lücke in der technischen Literatur ausgefüllt wird.

Bei der Ausarbeitung desselben leiteten mich die folgenden Gedanken:

„Wer die Gegenwart richtig verstehen will, muss die Vergangenheit kennen." Dieser edle, von uns Technikern leider wenig beachtete Spruch veranlasste das erste, historische Kapitel, welches von der Erfindung der Drahtseile am Harze 1834 bis zu der Einführung der jetzigen Fabricationsweise derselben reicht.

Ein dem vorigen ähnlicher, eben so wahrer Satz lautet: „Wer die Drahtseile richtig beurtheilen will, muss ihre Herstellungsweise kennen." Diesem Satze entsprechen das 2. und 3. Kapitel, welche erstlich das Allgemeine über die Drahtseil-Construction und das Material der Gegenwart, sodann die Flechtmaschinen und Flechtregeln der Gegenwart zum Gegenstande haben.

Das 4. Kapitel besteht ausschliesslich aus der „Haupt-Tabelle" über den summarischen (effectiven) Drahtquerschnitt der Seile für alle Drahtzahlen und Drahtdicken. Nebenbei erwähnt, bildete diese Tabelle, als Schlüssel zu allen Drahtseil-Berechnungen, ursprünglich das bereits lange von mir angestrebte Hauptziel meiner Arbeit, zu welchem sich allerdings noch andere und wesentliche Ziele im Verlaufe dieser Arbeit gesellten.

Im 5. Kapitel folgt die Anleitung zur leichten und richtigen Bestimmung der Seildicke für alle möglichen Seilconstructionen, sowie auch zur Festsetzung der anderen nothwendigen Grössen, des

Seilgewichtes und dgl. Eine besondere Bedeutung fällt hier dem Flächen-Verhältnisse des Drahtseiles zu, nämlich dem Verhältnisse des totalen Seilquerschnittes zu dem effectiven Drahtquerschnitte. Dieses Verhältniss ist für die Dehnsamkeit und Biegsamkeit des Seiles massgebend, wird deshalb als Biegsamkeits-„Charakteristik" bezeichnet und spielt eine wesentliche Rolle in der nachfolgenden Drahtseil-Theorie, — nicht minder als in der wirklichen Anwendung. Die mathematischen Auseinandersetzungen dieses Kapitels müssen übrigens beim Gebrauche des Buches **nicht** verfolgt und nicht festgehalten werden, da die Resultate derselben in den nachfolgenden „Seil-Tabellen" durchaus schon fertig angegeben sind.

Das 6. Kapitel führt den Titel: „Seilconstructionen aller Arten in Zahlen und Abbildungen". In demselben sind (nach vorheriger Eintheilung und Erklärung) tabellarisch alle rationellen Seilconstructionen möglichst übersichtlich zusammengestellt, und für jede derselben ist bei jeder Drahtdicke alles irgend Nothwendige angegeben, oder doch sofort zu eruieren, insbesondere: der nutzbare Seilquerschnitt, das Seilgewicht pro Meter, die Seildicke, die Biegsamkeits-Charakteristik.

Die betreffenden „Seil-Tabellen", denen einzelne constructiv (von dem Verfasser selbst) durchgeführte Abbildungen beigeschlossen sind, umfassen indess nicht allein die bisher üblichen Seile, also die Seilconstructionen der Gegenwart, sondern auch in reichem Masse gewisse Seilconstructionen der Zukunft. Es wird hiemit angestrebt, dem bisherigen (sit venia verbo) „Schlendrian", selbst die „vieldrähtigsten" Seile meist nur aus sechs Litzen herzustellen (wodurch sie in hohem Grade unrund ausfallen), ein Ende zu machen, und hierfür schön runde, auch sonst sich empfehlende Seile in die Anwendung zu bringen. Beiläufig gesagt: ein Seil aus 6 Litzen à 18 Drähte kann sehr wohl durch ein Seil aus 18 Litzen zu je 6 Drähten ersetzt werden; eben so kann man ein Seil anstatt aus 6 Litzen à 36 Drähte viel besser aus 12 Litzen à 18 Drähte oder auch aus 18 Litzen à 12 Drähte zusammenflechten etc. Dergleichen „Zukunfts-Seile" können aber dann auch (um biegsamer als gewöhnlich zu werden) aus 8- oder 9- oder 10 drähtigen Litzen hergestellt werden. Diese neu einzuführenden Seile sind nach Art der üblichen (concentrisch aus Draht geflochtenen) Spiralseile eingerichtet; sie werden jedoch aus Litzen concentrisch geflochten und deshalb als „Litzen-Spiralseile" — im Gegensatze zu den „Draht-Spiralseilen" der bisherigen Anwendung hier bezeichnet.

Diese „Litzen-Spiralseile“ haben sehr grosse Vortheile für sich und die Einführung ihrer Fabrication ist mit keinen besonderen Umständen verbunden. Nach der Natur der Sache nehmen sie eine bedeutende Anzahl der Seil-Tabellen in Anspruch und jede dieser Tabellen ist um etwa 3 Spalten breiter, als es unumgänglich nothwendig scheint, weil für diese 3 Spalten der Platz ohnehin vorhanden war, und weil anderseits über die Nothwendigkeit immer hinaus gegangen werden muss, wenn man die Nothwendigkeit gewiss erschöpfen will.*)

Mit dem 6. Kapitel ist der für die practische Handhabung behufs der Seilausmittlung bestimmte Theil dieses Buches erledigt; denn, wenn für irgend einen Zweck aus dem bestimmten Tragvermögen des Seiles bei bestimmter Sicherheit gegen den Bruch der erforderliche (tragende) Drahtquerschnitt berechnet wurde, so lässt sich aus der betreffenden Seiltabelle, eventuell auch aus mehreren Tabellen die Seilconstruction erwählen und alles Nothwendige bestimmen. Hiebei kommt (vorläufig) nur die Beanspruchung des Seildrahtes auf Zug, also die Dehnungsspannung in Betracht (ohne Rücksicht auf die Biegungsspannung).

Das 7. Kapitel ist vorwiegend theoretischer Natur und behandelt ausschliesslich die Biegungsspannung, welche den Drahtseil-Consumenten bereits so vielen Kummer verursacht hat; denn sie wurde nach der bekannten Formel von Reuleaux vorgeblich zu hoch angegeben und eine andere, die richtige Formel war bisher nicht zu finden. Endlich hat uns Professor C. Bach einen höchst beachtenswerthen Wink ertheilt, auf welchem Wege aus der Verlegenheit heraus zu kommen wäre, ohne jedoch (nach eigener Aussage) die eigentliche Lösung der Aufgabe herbeigeführt zu haben. Nach C. Bach ist nämlich für die Beurtheilung der Biegungsspannung von dem Elasticitäts-Modul des Seiles auszugehen.**) Ich habe dieser Sache meine ganze Aufmerksamkeit zugewendet und endlich den richtigen Weg verfolgt, indem ich erstlich aus dem (von C. Bach

*) Dies erwähne ich gleich hier, um dem etwaigen Vorwurfe, dass ich einiges Ueberflüssige geboten habe, zu begegnen; dasselbe braucht, nunmehr fertig gebracht, Niemanden zu genieren; man kann ja auch nicht wissen, ob es für die weitere Zukunft überflüssig ist.

) Wenn C. Bach (vor der Hand) den Elasticitäts-Modul des Seiles, und zwar mit $^3/_8$ des Elasticitäts-Moduls des Drahtes, in die Reuleaux'sche Formel einsetzt, so ist dies nur ein vorläufiger Nothbehelf, denn in die genannte Formel gehört naturgemäss **nur der Elasticitäts-Modul desjenigen **Drahtes,** dessen Biegungsspannung eben zu bestimmen ist.

selbst angegebenen und auch anderweitig ermittelten) Versuchs-Werthe des Elasticitäts-Moduls der gewöhnlichen Seile (normaler Construction) auf die Elasticität der Seile aller übrigen Constructionen den rechnungsmässigen Schluss zog, und indem ich zweitens auf dieser erweiterten und festen Basis den weiteren mathematischen Aufbau bis zur Feststellung der Biegungsspannung in correcter Weise errichtete, und hiemit die Aufgabe löste. Die betreffende analytische Entwicklung ist zwar unumgänglicher Weise, obwohl leicht fasslich, nicht ganz einfach; sie braucht jedoch behufs der practischen Benützung des Buches für die Anwendung nicht ins Detail verfolgt zu werden, denn es folgt hierauf (am Schlusse des 8. Kapitels) eine Doppel-Tabelle (einerseits für harte, andererseits für weichere Seildrähte giltig), aus welcher für eine jede beliebige Seilconstruction bei einer beliebigen Grösse des Seiltrommel- oder Seilscheiben-Halbmessers (im Verhältnisse zur Drahtdicke) der Werth der Biegungsspannung numerisch fertig abzulesen ist. Diese Tabelle betrifft die bisher einzig in Betracht gezogenen neuen (ungebrauchten) Seile aller Constructionen.

Das eben genannte 8. Kapitel enthält (ausser der doppelten Schluss-Tabelle) eine practische Anwendung des 7. Kapitels inbetreff der Sicherheitsgrade etc. verschiedener Seilgattungen im neuen (ungebrauchtem) Zustande.

Eine einzige Seil-Kategorie war von der bisherigen Betrachtung ausgeschlossen, weil sie sich dieser Betrachtung durch ihr „gemischtes" Wesen von selbst entzieht; es sind die Seile mit Drahtseelen in den (namentlich 6 drähtigen) Litzen. Dieser theoretisch ganz absonderlichen (aus einfach und doppelt spiralförmigen Elementen gemischt bestehenden), wenn auch bisher häufig gebrauchten Seilgattung ist das 9. Kapitel gewidmet, aus welchem der Refrain hervorgeht: „Drahtseelen sind überhaupt zu vermeiden!"

An diese Seile mit vermeidbaren Drahtseelen schliessen sich im 10. Kapitel diejenigen Seile an, bei denen die Drahtseelen vermöge der natürlichen Steifigkeit dieser Seile nichts zu verderben haben; es sind die „Draht-Spiralseile" und die „Verschlossenen" Seile.

Mit den angeführten zehn Kapiteln wäre der (im Vergleiche mit den bisherigen Publicationen) unzweifelhaft überaus reiche Stoff über die Drahtseile erschöpfend erledigt, insofern für die mechanische Beanspruchung derselben lediglich die an neuen (ungebrauchten) Seilen vorgenommenen Festigkeits-Versuche als massgebend und hinreichend angesehen werden. Mir kam aber (etwa um Neujahr 1901) der Gedanke, das Festigkeits-Verhalten der Drahtseile auch während

ihres wirklichen Betriebes, hauptsächlich bei der bergmännischen Förderung, dann auch bei der Krafttransmission zu untersuchen und rechnungsmässig zu berücksichtigen, um schliesslich die Frage zu beantworten: wenn die effective Sicherheit (mit Berücksichtigung der Biegung) der neuen Seile durchschnittlich etwa die fünffache ist, welche Sicherheit besitzen sie noch nach irgend einer verflossenen Zeit ihrer Functionierung, also während des factischen Betriebes?

Zu diesem Zwecke brauchte ich den Elasticitäts-Modul zunächst der Förderseile beim Betriebe, welcher, weil nach Construction, Material etc. voraussichtlich sehr stark variierend, nur durch sehr zahlreiche an functionierenden Seilen auszuführende Dehnungs-Versuche zu gewinnen war. Ich ersann schliesslich eine Versuchs-Methode, wonach die Seildehnung bei einer passenden Belastung auf einem beliebigen Schachte ohne besondere Schwierigkeiten ermittelt werden kann, wenn nur zu der betreffenden Mühewaltung bei unumgänglicher Betriebsunterbrechung der gute Wille vorhanden ist. Und er war vorhanden! Fast in ganz Oesterreich wurden bei den verschiedensten Schachtanlagen etwa sechzig Förderseile nach meiner Anleitung mit Beharrlichkeit und Umsicht untersucht!

Die Versuchs-Resultate, im 11. Kapitel zusammen gestellt und gehörig combiniert, haben nicht allein meine im 7. und 9. Kapitel etc. enthaltenen theoretischen Darlegungen vollkommen bestätigt, sondern auch die auffallende Erscheinung aufgeklärt, dass unsere Förderseile, vermeintlich auf 5 fache effective Sicherheit eingerichtet, in der Regel kaum eine zweijährige Betriebsdauer erreichen, während andere Constructions-Gegenstände bei solcher Sicherheit selbst die zehnfache Functionsdauer nachweisen!

Ausserdem haben mich die Versuchs-Resultate in die Lage gesetzt, für die „Förderseile beim Betriebe“ eine Tabelle zu entwerfen, aus welcher die ihnen zukommende Biegungsspannung für alle Seilconstructionen numerisch fertig abzulesen ist, gerade so, wie dies für neue Seile im 8. Kapitel der Fall war.

Am Schlusse des 11. Kapitels folgt sodann eine ähnliche und ähnlich erworbene Tabelle der Biegungsspannung für die Krafttransmissions-Drahtseile beim Betriebe.

Für die Zwecke der Anwendung (ohne die theoretische Bekümmerung) bilden die drei Tabellen über die fertigen Werthe der Biegungsspannung (für neue Seile, für die Förderseile und für die Transmissionsseile) eigentlich die Krone der vorliegenden ausführlichen Abhandlung; denn eine dieser Tabellen mit der entsprechend

gewählten Seiltabelle des 6. Kapitels wird zur Beantwortung der gewöhnlichen practischen Fragen genügen.

Im zwölften, als letzten Kapitel ist die specielle „Berechnung der Förderseile" deshalb enthalten, weil diese Berechnung in einer besonderen, dem Verfasser eigenthümlichen Weise vor sich geht, wobei für die Seilausmittlung nicht (wie sonst der Fall) der tragende Drahtquerschnitt, sondern das Seilgewicht pro Meter als gegeben erscheint.

Hiemit glaube ich den technischen Fachkreisen, den Drahtseil-Producenten ebenso wie den Consumenten, einen erschöpfenden und verlässlichen Führer, einen förmlichen (si parva licet componere magnis) „Thesaurus der Drahtseile", an den „Thesaurus der Logarithmen" erinnernd, zur reichlichen Ausnützung zu verabreichen.

Es sei mir schliesslich gestattet, den zahlreichen geehrten Fachgenossen, welche mir durch die Veranlassung oder Vornahme der Seildehnungs-Versuche so liebenswürdig entgegen gekommen und in den Versuchs-Ausweisen genannt oder ungenannt sind, meinen tiefgefühlten Dank und meine Anerkennung auszusprechen. Nicht minder danke ich meinem langjährigen Lehramts-Collegen, dem k. k. Bergakademie-Professor Adolf Hofmann für das mit aller Zuvorkommenheit vorgenommene Photographieren der Flechtmaschinen und Drahtseil-Muster, sowie der betreffenden (Přibramer) k. k. Drahtseil-Fabrik.

Der Verfasser.

UNIV. OF
CALIFORNIA

1. Kapitel.

Geschichtliches.

Die ursprüngliche Erfindung und Anwendung der Drahtseile ist aus den Bedürfnissen des Bergbaues hervorgegangen. Die Förderung aus den tiefen Schächten zunächst am Harze erforderte Hanfseile von ungeheuerer Dicke oder aber Ketten von ungeheuerem Gewichte und nöthigte somit zu der Anfertigung der Seile aus einem tragfähigeren Material. Nach vielen vergeblichen Versuchen gelang es (wie O. Hoppe in seiner Beschreibung der Harzer Bergwerke und Hütten mittheilt) dem Clausthaler Oberbergrathe Albert im Jahre 1834 die Drahtseile zuerst beim Oberharzer Bergbau einzuführen.*)

Durch die Einführung des Eisendrahtes anstatt des Hanfes erzielte man (für eine gewisse Belastung und Schachttiefe) nicht eben viel leichtere, wohl aber viel dünnere, also weniger voluminöse Seile.

Die Drahtseile wurden ursprünglich (nach Art der Hanfseile) dreilitzig hergestellt und jede der drei Litzen bestand aus vier (uranfänglich vielleicht nur aus drei) Drähten, welche, um das erforderliche Tragvermögen (für eine gefüllte Förder-Tonne) bei dem einzig verfügbaren und anwendbaren sehr weichen Eisendraht zu besitzen, sehr dick, und zwar reichlich 3.5 mm dick sein mussten.

Die Herstellung solcher Drahtseile geschah anfangs durch Handarbeit und erst später mittelst Maschinen.

---

*) Nach von Haners „Fördermaschinen der Bergwerke" wurden „die Drahtseile am Harz vom Oberbergrath Albert eingeführt und verbreiteten sich seit dem Jahre 1835 nach den übrigen Ländern. Auch wurde deren Erfindung von dem Genannten ohne Zweifel selbständig gemacht, wenngleich Combes im Handbuche der Bergbaukunst, deutsch von Hartmann, angibt, er habe schon 1822 in einer Steinkohlengrube zu Rive de Gier ein Drahtseil in Verwendung gesehen." — Wenn aber in alten Schriften von „eisernen Seilen" zu lesen ist, so sind hiemit (eiserne) Ketten (im Gegensatze zu den hanfenen Seilen), keineswegs aber Drahtseile gemeint.

Die unumgänglich sehr umständliche und kostspielige, übrigens geistreich ausgedachte Handarbeit beschrieb der Erfinder, Oberbergrath Albert, so wie sie in Klausthal am Harz ausgeführt wurde, in Karstens „Archiv für Mineralogie etc." (Band VIII, S. 418—428); diese Beschreibung wurde alsbald in Prechtels „Technologische Encyklopaedie" (Schluss von Band XIV, erschienen im Jahre 1846) aufgenommen, woraus die gegenwärtige Mittheilung entnommen ist.

Zur Herstellung zuvörderst einer vierdrähtigen Litze wurden in einem circa 40 m langen Raume auf ebener Bahn vier Drähte zunächst durch 30 bis 40 vierlöcherige Brettchen, welche beiläufig je 1 m von einander entfernt waren, dann am Ende (bezw. am Anfang) der Drähte durch einen ebenfalls vierlöcherigen „Drehschlüssel" durchgesteckt; die aus dem Drehschlüssel hervorragenden vier Drahtenden wurden von einem starken Schraubstock gefasst und während der ganzen nachfolgenden Arbeit festgehalten.

Der Drehschlüssel, eine etwa 10 mm starke, mit 4 Oeffnungen in etwa 30 mm Diagonalentfernung für die 4 Drähte versehene eiserne Platte war mit zwei geradlinigen Griffen aus einem Stücke.

Derselbe wurde durch den Hauptarbeiter, den „Dreher" gehandhabt, welcher den Schlüssel mittelst der Griffe langsam drehte und gleichzeitig längs der vier Drähte derart vorschob, dass während jeder einzelnen Umdrehung der Schlüssel um 6 Zoll (d. i. 16 cm) vorrückte. Die aus vier Drähten gebildete Litze empfing demnach auf je 6 Zoll Länge eine Schraubenwindung. Während dieser Arbeit des Drehers mussten nothwendiger Weise alle 4 Drähte der ganzen Länge nach sammt den sie aufnehmenden Brettchen und mit Hilfe derselben umgelegt werden, um fortwährend in beiläufig paralleler Lage zu verharren, ohne hierbei um ihre Axen gedreht (d. h. auf Torsion beansprucht) zu werden.

Dabei wurden die Brettchen gleichzeitig um jene 6 Zoll für jede Umdrehung (Umlegung) vorgeschoben; diese Arbeit besorgten in 2 bis 3 m Entfernung von einander nach der ganzen Länge angestellte Hilfsarbeiter, zehn an der Zahl. Am freien Ende der Drähte manipulirte ein elfter Arbeiter, damit die Drahtenden nicht in Unordnung gerathen.

Dem Dreher folgte indess noch ein Arbeiter, welcher mit einem Handschraubstocke die fertig gedrehte (geflochtene) Litze festhielt und diesen kleinen Schraubstock (vielmehr eine Kluppe) von 2 zu 2 Fuss (0.6 m) vorschob, so „dass der Dreher immer weiter vorrücken konnte und seine Arbeit durch keine Bewegung des schon fertigen Theils der Litze gestört wurde."

Die Hilfsmannschaft wurde bei ihrer Vorrückung gegen die freien Drahtenden allmählig entbehrlich und ging zu andern vorbereitenden Geschäften (für eine zweite Litze) einstweilen ab.

In einer ganz ähnlichen Weise wie aus vier Drähten eine Litze entstand, wurde aus drei angefertigten Litzen ein Seil hergestellt. Der Unterschied bestand nur darin, dass beim Seilflechten der Drehschlüssel nur drei, aber entsprechend grössere Oeffnungen enthielt, ebenso wie die zahlreichen Brettchen.

In dieser Weise konnte (in einem 40 m langen Locale) ein etwa 30 bis 35 m langes, zwölfdrähtiges Seilstück angefertigt werden. Behufs der Herstellung längerer Seile bestand die Fortsetzung der Arbeit darin, dass man zuerst die einzelnen Litzen verlängerte. Dies geschah durch Anstückelung der Drähte an verschiedenen entsprechend von einander entfernten Stellen der Litzen. Die Drahtenden wurden hierbei nicht verlöthet, sondern nur zusammengedreht oder aber bloss einfach nebeneinander gelegt, so dass die Litzen an den betreffenden Stellen fünf Drähte enthielten. Wir wollen das Detail nicht weiter verfolgen, da ja dem historischen Interesse, um welches allein es sich hier handelt, durch das Vorstehende hinreichend entsprochen sein dürfte.

Hiernach waren zur Anfertigung eines Seiles 13 Mann erforderlich (ein Dreher, ein Halter und elf Umwender), wovon „5 oder 6 solche Personen sein mussten, welche mit Ueberlegung arbeiteten; die übrigen konnten Invaliden oder Knaben sein. Alles zusammengerechnet wurden durch diese 13 Mann in einer Stunde Arbeit wenigstens 7 Lachter oder 50 Fuss (d. i. nahezu 15 Meter) Seil ganz fertig."

Das Weitere vom „Einschmieren der Seile" kann hier wegbleiben.

Ueber die anfängliche Anfertigung der Drahtseile mittelst Maschinen ist in Prechtels „Technologischer Encyklopaedie" (XIV. Band vom Jahre 1846) wörtlich zu lesen:

> „Die ersten und bis jetzt einzigen Drahtseil-Maschinen, über deren Einrichtung Näheres bekannt geworden ist, sind jene des Mechanikers Wurm zu Wien, welche sich in der Anwendung bereits mehrfältig bewährt haben. Anfangs ging der Erfinder darauf aus, die Seile direct aus der ganzen dazu bestimmten Anzahl (nämlich 12) Eisendrähten durch eine einzige Operation zusammenzudrehen. Nachdem jedoch die Mangelhaftigkeit dieses Verfahrens erkannt war, wurde es — zuerst in Schemnitz*) —

*) Siehe hierüber „Besonderes über Schemnitz", S. 11 u. ff.

dahin abgeändert, dass man, nach Alberts Vorgang, zunächst nacheinander drei Litzen aus je vier Drähten bildete, und dann diese Litzen zu einem Seile vereinigte, also die Verfertigung des letzteren in zwei Operationen theilte, von welchen jede auf einer besondern Maschine ausgeführt wurde. — Die beiden nach diesem System zusammengehörigen Maschinen, — nämlich die Litzenmaschine zur Bildung der Litzen aus vier einfachen Drähten und die Seilmaschine zur Darstellung des Seiles durch Zusammendrehen dreier solcher Litzen — sind einander in dem Grade ähnlich, dass sie durch eine und dieselbe Zeichnung erläutert werden können."

Solch eine „Primitive- (Litzen- oder Seil-) Flechtmaschine" ist auf Beilage 1 (rückwärts im Buche) in einer „schematischen Skizze" nach Karmarsch dargestellt.

Das Maschinengestell ist ganz und die Maschine selbst, bis auf einige eiserne Bestandtheile, ebenfalls aus Holz hergestellt.

Die ausgehöhlte Maschinenwelle hat einerseits (links) einen einfach gelagerten Zapfen, andererseits (rechts) einen zugleich als Lagerzapfen dienenden Wellenkopf, in dessen Innerem (siehe das vergrösserte Detail) das Zusammenflechten von vier Drähten zu einer Litze oder aber von drei Litzen zu einem Seile stattfindet. Zu diesem Endzwecke sitzen auf der Maschinenwelle zwei Holzscheiben (oder zwei Holzkreuze) fest, welche lediglich dazu bestimmt sind, die horizontalen doppelt (jedoch nur einseitig) gelagerten eisernen Axen drehbar aufzunehmen, welche ausserhalb dieser Lagerung zweimal gebrochen sind und an ihren Enden je eine eiserne Spindel tragen. Auf diese Spindeln werden die Spulen (vier oder drei an der Zahl) drehbar aufgesteckt, welche mit dem zu bearbeitenden Material (Drähte oder Litzen) bewickelt sind. Durch das Eigengewicht der Spulen sammt ihrer Bewicklung verharren die Spulenaxen fortwährend in der verticalen Lage, wenn die Maschine in (langsame) rotirende Bewegung versetzt wird. Durch diese stets verticale Stellung der Spulenaxen wird das Wesentliche erzielt, dass die von den Spulen nach dem Wellenkopfe abgehenden Drähte oder Litzen bei der Rotation der Maschine fortwährend in der gleichen Lage (ohne jegliche Beanspruchung auf Torsion) verbleiben und hiemit lediglich um einander umgelegt werden. (Die hierdurch erzielte **relative** Bewegung der Drähte gegen die Welle ersetzt das lästige Umwenden der Drähte mittels der Brettchen bei der früheren Handarbeit.)

Die Drähte (bezw. Litzen) gehen von den Spulen in den Wellenkopf durch eine mit vier (bezw. drei) Oeffnungen versehene Platte,

welche als Flechtkopf zu bezeichnen ist und den Drehschlüssel bei der Handarbeit ersetzt.

Aus dem Wellenkopfe kommen die Drähte (bezw. Litzen) durch eine einzige centrale Oeffnung hervor, welche die Function des „Halters" bei der Handarbeit verrichtet.

Die zu einer Litze sich vereinigenden vier Drähte, bezw. die zu einem Seile sich vereinigenden drei Litzen gehen zu dem „Abnehmer"; dies ist eine Seiltrommel oder Seilscheibe, welche durch die Vermittlung eines Zahnradpaares und einer eigenthümlichen (aus der Skizze ersichtlichen) Riemen-Transmission seitens der Maschinenwelle in eine langsame Bewegung versetzt wird, so dass der Umfang des Abnehmers für jede Wellenumdrehung einen bestimmten Weg zurücklegt, wodurch der Flechtwinkel, bezw. der Drall der Litze bezw. des Seiles sich ergiebt.

Von den dreilitzigen (zwölfdrähtigen) Seilen ging man alsbald zu vierlitzigen (16 drähtigen) über, zu welchem Zwecke die Seilflechtmaschine vierspulig (anstatt dreispulig) eingerichtet wurde, wie es die Litzenflechtmaschine ohnehin war.

Maschinen der beschriebenen Art dürften um das Jahr 1840 und weiterhin allgemein in Anwendung gewesen sein.

Note. Die Bergakademische Sammlung in Přibram besitzt ein aus dieser Zeit und von dem Pribramer Montanwerke (welches sich die Förderungs-Drahtseile alsbald selbst fabricierte) herrührendes Muster eines 16 drähtigen Seiles, welches weder zwischen den Drähten in den Litzen, noch auch zwischen den Litzen im Seile irgend welche Einlagen (Seelen) besitzt; der Flechtwinkel ist sehr klein und die Drahtdicke reichlich 3 mm. Auf der später folgenden Fig. Tab. IIa ist der Querschnitt dieses Seiles obenan dargestellt. (S. Seiltabellen im 6. Kapitel.)

Die mitgetheilte technische Herstellungsweise der Drahtseile wurde auch dann noch beibehalten, als man zu der Anfertigung der Seile aus dünneren Drähten, aber aus einer grösseren Anzahl derselben gelangte.

Es entstand mit der Zeit das „constructivste" Rundseil aus sechs Litzen von je sechs Drähten, jede Litze innerlich mit einer Hanfeinlage (Hanfseele), und das ganze Seil inmitten mit einer Haupteinlage aus Hanf versehen, welches Seil durch lange Zeit — etwa bis in die 60er Jahre — fast allgemein angewendet wurde. Dieses 36 drähtige Seil soll zu allererst von dem Grossvater der beiden Herren Guilleaume, Mitinhaber der seitdem berühmten Firma „Felten und Guilleaume" construirt worden sein.

Was die Flechtrichtung von Litze und Seil betrifft, so hat, wie O. Hoppe mittheilt, der Erfinder Albert anfänglich die Drähte zu Litzen und die Litzen zu Seilen nach der gleichen Richtung geflochten. Das nach diesem Principe eingerichtete Seilgeflecht wird deshalb in Mittel-Europa als „Albert-Geflecht" oder „Albertschlag" bezeichnet; am Harze selbst hiess es „altes Machwerk".

Das ursprüngliche Albert-Geflecht dürfte sich jedoch nicht lang behauptet haben, denn es war für die damalige Förderung ohne Schachtführung durchaus nicht geeignet. Das im Schachte am Seile frei hängende Fördergefäss, die Fördertonne, der Förderkübel etc. musste nämlich — dem starken Aufdrehungsbestreben eines solchen Seiles folgend — eine fast fortwährende Rotation um die Seilaxe mitmachen. Dieses — namentlich für seilfahrende Bergleute — höchst unangenehme Drehen im Schachte wurde erst vermieden, als man die Litzen zu Seilen nach links zu flechten begann, wenn die Drähte zu Litzen nach rechts geflochten waren. Bei diesem sog. „Kreuzgeflecht" oder „Kreuzschlag" haben nämlich die Litzen das Bestreben, sich nach links aufzudrehen, während das Seil sich nach rechts aufdrehen will. Auf einem solchen Seile hängt die Last nach kurzer Zeit ziemlich ruhig.

Seit etwa 1866 ist man jedoch am Harze — wie O. Hoppe mittheilt — zu dem in mancher Beziehung zweckmässigeren „alten Machwerk" (Albertschlag) zurückgekehrt. Im übrigen blieb es bei dem Kreuzschlag.

Das füglich zur Herrschaft gelangte 36 drähtige Seil erhielt mit der Zeit grössere Flechtwinkel (bis etwa 25°), weil es hierdurch gedrungener und gegen starke Abnützung angeblich widerstandsfähiger wurde.

Für dieses typische Seil wurden schon frühzeitig combinirte Flechtmaschinen erdacht, welche aus 36 auf eben so viel Spulen aufgewickelten Drähten das fertige Seil in einem zustande brachten. Je sechs Drahtspulen waren auf sechs Flechtwellen hängend angebracht. Diese letzteren waren in zwei Armkreuzen (bezw. Scheiben oder Armkränzen) der Hauptwelle gelagert und zu sechs Litzenflechtmaschinen ausgebildet; die aus diesen Flechtwellen hervorgehenden sechs Litzen wurden aber sofort durch die Hauptwelle zu dem fertigen Seile zusammengeflochten. Da bei dem Seilflechten die einzelnen Drähte und die Litzen nicht um ihre Axen gedreht werden dürfen, sondern um eine Centraleinlage lediglich herumgelegt werden müssen, so war der Transmissions-Mechanismus zwischen den Litzenflechtwellen und der Hauptwelle (Seilflechtwelle) keineswegs

leicht auszuführen; eben in Bezug auf diesen Mechanismus waren vornehmlich die betreffenden, zunächst in Holz ausgeführten Maschinen-Constructionen von einander verschieden.

Die (voraussetzlich) erste Maschine dieser Art ist bereits in Prechtels „Technologischer Encyklopaedie" und zwar in dem schon erwähnten, im Jahre 1846 erschienenen XIV. Bande abgebildet und beschrieben.

Daselbst ist auf S. 650 zu lesen:

> „Zum Schlusse geben wir (unter Mitbenützung einer in der deutschen Gewerbezeitung erschienenen Zeichnung und Beschreibung) die Skizze von Wurm's (Mechaniker in Wien) neuester Maschine, welche die Drehung der Litzen und des Seiles zugleich, also die Fertigung des Seiles aus den Drähten in einer einzigen Operation ausführt."

Die sonach beschriebene, bis auf zwei Zahnrad-Uebertragungen und einzelne kleine Eisen- oder Metall-Bestandtheile, ganz in Holz ausgeführte Maschine ist in ihrer ganzen Einrichtung übereinstimmend mit der sogleich folgends besprochenen Seilflechtmaschine bezw. mit einem noch vorhandenen Maschinen-Modell; nur die Transmission zwischen den sechs Litzenflechtwellen und der Hauptwelle ist eine andere, später zu erwähnende.

Aus den Jahren zwischen 1850 und 1858 (wahrscheinlich) herrührend, besteht in der Přibramer bergakademischen Sammlung das Modell solch einer combinierten Seilflechtmaschine, welches in der beiläufigen Länge 1.5 m bei der Breite und Höhe von beiläufig 0.75 m die Eignung hat, zum Flechten von Schnüren aus ganz dünnen Drähten zu dienen, also als wirkliche Flechtmaschine zu fungieren.

Aus dem Photographischen Atelier der k. k. Bergakademie erhielt ich eine getreue Abbildung dieses historischen Modells in zwei Ansichten. Dieselben sind dieser Abhandlung am Schlusse (2. Beilage a und b) wiedergegeben.

Je 6 Spulen der sechs Litzenflechtmaschinen hängen zwischen je zwei vollen Holzscheiben, deren Trag- und zugleich Flechtwellen von zwei sechsarmigen hölzernen Kreuzen a und b in Lagern getragen werden. Zwei anderweitige Holzkreuze α und β (hiervon β entsprechend kleiner) tragen die Leitrollen für die aus den Litzenflechtwellen hervorkommenden sechs Litzen, welche hiermit in den Lagerkopf K der Hauptwelle geführt werden und sich daselbst zu dem fertigen Seile vereinigen. Dasselbe gelangt auf eine Seiltrommel als Abnehmer, welcher von der Maschinenwelle, bezw. von einer am

Wellenende sitzenden Scheibe (bei K) durch eine Seiltransmission (unter Vermittlung zweier kleinen Leitrollen) in langsame Drehung versetzt wird.

Jede der sechs Doppelscheiben für die Litzen trägt auf der dem Wellenkopf zugekehrten Seite noch eine kleine Spule mit aufgewickelter Hanfschnur für die betreffende Litzenseele; dieselbe geht bei b mitten zwischen die sechs Drähte.

Die starke Hanfseele für das Seil ist auf einer Spule aufgewickelt, welche von einem hölzernen Ständer hinter der Maschine (in der Ansicht a ersichtlich, in der Abbildung b jedoch wegen der Deutlichkeit weggelassen) getragen wird; diese Hanf- oder Hauptseele geht durch die hohle Maschinenwelle bis zu dem Wellenkopfe K und tritt daselbst zwischen die sechs Litzen, während sich diese zum fertigen Seile vereinigen.

Der Mechanismus zur Erzielung der nothwendigen relativen Bewegung der Litzenflechtmaschinen (bezw. ihrer Wellen) in Bezug auf die Maschinen-Hauptwelle (zum Zwecke des Flechtens der Litzen aus den Drähten, wobei die letztzeren vermöge der fortwährend in gleicher Lage hängenden Drahtspulen nicht um ihre Axen gedreht, d. h. nicht auf Torsion beansprucht, sondern lediglich um einander umgelegt werden) ist am rückwärtigen Theile der Flechtmaschine angebracht, somit in der Ansicht a der 2. Beilage nicht sichtbar und deshalb in der Ansicht b besonders dargestellt. Dieser Mechanismus besteht aus sechs verzahnten Planetenrädern und eben so vielen Zwischenrädern, welche von dem Centralrade in die nothwendige rotierende Bewegung versetzt werden.

Dies ist im wesentlichen die Einrichtung der ersten Přibramer in Holz ausgeführten combinierten Flechtmaschine, bezw. des betreffenden (noch heute betriebsfähigen) Modells.*)

---

*) Im Volksmunde wird die Erfindung dieser Maschine dem Aufseher (Meister) der Přibramer ärarischen Drahtseilfabrik Wilhelm Falcnik zugeschrieben, welcher wahrscheinlicherweise auch das betreffende Modell angefertigt hat. Es wird auch behauptet, dass eine solche Maschine für die Anfertigung der Förderseile in Přibram (um und etwas nach 1850) thatsächlich im Betriebe war; häufige Brüche sollen aber ihre Auflassung veranlasst haben. Wie dem auch immer sei, das ist sicher, dass am Ende der fünfziger Jahre (namentlich 1859) eine solche Maschine in Pribram nicht mehr im Betriebe war, und dass vielmehr damals die Förderseile in Pribram auf primitiven Flechtmaschinen aus Holz hergestellt wurden, welche sich von den vorher hier beschriebenen nur durch die Bethätigungsweise des „Aufnehmers" unterschieden; diese Bethätigung erfolgte nämlich durch eine Schraube ohne Ende, wie wir noch sehen werden.

Die vordem erwähnte in Prechtel's Encyklopaedie (im Jahre 1846) abgebildete und beschriebene Seilflechtmaschine des Mechanikers Wurm in Wien hat aber bereits (vielleicht um 10 Jahre früher) vollkommen dieselbe Einrichtung; nur die Transmission zwischen den sechs Litzenflechtwellen und der Hauptwelle ist bei Wurm's Maschine eine andere, und zwar eine viel einfachere und practischere.

Es ist nämlich (anstatt der für jene Zeit sehr schwierig auszuführenden Planetenräder) eine einfache Hanfseil-Transmission, welche wir hier nicht besonders darstellen müssen, indem dieselbe bei der folgends angeführten combinierten „Přibramer Flechtmaschine vom Jahre 1864" so ziemlich ungeändert wieder vorhanden ist, bezw. vorhanden war.

Diese regenerierte und constructiv in Eisen entsprechend durchgeführte Flechtmaschine wurde von dem damaligen k. k. Oberkunstmeister Joh. Novák entworfen und in dem Jahrbuche der k. k. Bergakademien für das Jahr 1864 (erschienen 1865) beschrieben, woher auch ihre hierortige zeichnerische Darstellung (3. Beilage) entnommen ist.

Die hölzernen Tragscheiben und Armkreuze der vorangehenden im Principe ähnlichen Maschinen sind sämmtlich durch gusseiserne auf den betreffenden Wellen mittelst Naben festsitzende Armkränze ersetzt, welche die betreffenden Drehzapfen in ordentlichen Metall-Lagern tragen. Eben so sind die Ständer der Hauptwelle und diese letztere selbst (hohl) solid und stylmässig in Gusseisen ausgeführt. Ein wesentlicher Fortschritt ist in der Anordnung der 36 Drahtspulen zu erkennen; dieselben haben horizontale Axen (anstatt der ehemaligen verticalen Spindeln), welche auf hängenden eisernen Rahmen gehörig gelagert sind, — eine Anordnung, welche wir auch bei der folgends beschriebenen „Flechtmaschine" (als Seilflechtmaschine) „der Gegenwart" angewendet und ausführlicher dargestellt finden werden.*)

Eigenthümlich ist bei dieser Maschine die bereits früher erwähnte Hanfseil-Transmission zur Erzielung der nothwendigen relativen Bewegung der Litzenflechtwellen gegen die Seilflechtwelle als Hauptwelle, d. h. zum Zwecke des Litzenflechtens. Diese Transmission ist

*) Aus dieser Rücksicht und dann bei dem Umstande, dass die in Rede stehende Maschine trotz ihrer sinnreichen Einrichtung nur mehr einen historischen Werth hat, enthalten wir uns hier einer ausführlichen Schilderung derselben, welche übrigens etwaige Special-Interessenten in dem genannten bergakadem. Jahrbuche (XIV. Band 1864) lesen können.

auf der 3. Beilage in halber Grösse besonders dargestellt; von einem Befestigungspunkte (Haken in der Wand des Maschinenlocals) rechts, geht das Hanfseil horizontal ab, schlingt sich um sechs Spurscheiben der Litzenflechtwellen über T und T^1 wieder zu T und weiter über eine Leitrolle (an der linken Wand) nach abwärts; ein am Seilende hängendes Gewicht (etwa 30 kg) zieht das Seil fortwährend gleichmässig an. Diese Seiltransmission war nun, um sowohl sechslitzige, als auch vierlitzige Seile flechten zu können, doppelt vorhanden: einmal waren die rückwärtigen Tragscheiben der Spulenrahmen zu Spurscheiben T und T^1 erweitert; zweitens waren sechs besondere Spurscheiben T_1 und T_1' vorhanden. Die grösseren Scheiben T und T^1 boten eine Uebersetzung 1 : 3 (nach Abschlag einer Umdrehung vermöge der stets nach abwärts hängenden Spulen bloss 1 : 2); dieselben fungierten beim Flechten vierlitziger Seile. Die kleineren (besonderen) Spurscheiben T_1 und T_1' boten eine Umsetzung 1 : 4 (nach Abschlag einer Umdrehung bloss 1 : 3); dieselben fungierten beim Flechten sechslitziger Seile.

In dieser motivierten Einrichtung einer zweimaligen Transmission (für sechs- und vierlitzige Seile), sowie in der einfachen und verlässlichen Anspannungsweise des Transmissions-Seiles sehen wir eine wesentliche Verbesserung im Vergleiche mit der bei Wurm's Maschine bereits 1846 vorhanden gewesenen Hanfseil-Transmission. Diese letztere war nur einfach (für sechslitzige Seile) eingerichtet); die beiden Enden des „straff" angespannten Seiles kreuzten sich unterhalb (anstatt oberhalb) der Maschine und „hatten zu beiden Seiten des Maschinengestelles ihre Befestigungspuncte" (unter dem Fussboden).

Eine weitere wesentliche Verbesserung erblicken wir in Bethätigung des Aufnehmers mittelst einer Schraube ohne Ende. Der Aufnehmer mit dieser practisch entsprechenden Bethätigung stammte bereits aus etwas früherer Zeit und wurde (indem er hauptsächlich aus Holz hergestellt war) später durch eine Eisen-Construction ausgewechselt.

Die hiermit für höchstens 36 Drähte im Seile zustande gebrachte und ziemlich lang gebrauchte Draht-Seilflechtmaschine hatte nur einen Nachtheil, welcher darin bestand, dass sie nur sehr langsam umgehen durfte, weil die sämmtlichen 36 Drahtspulen nur durch ihr Eigengewicht in der nothwendigen hängenden Lage erhalten werden konnten, bei jedem geringfügigen Anlass jedoch — namentlich wenn die Maschine etwas schneller zu laufen begann — zu schwingen anfingen, was allerdings nicht zulässig war. Hierdurch

entstanden sehr leicht an einzelnen Stellen des Seiles Fehler, welche schlechterdings irreparabel waren, und welche eben nur durch eine grosse Langsamkeit des Flechtens und durch eine äusserst genaue Achtsamkeit des Maschinenwärters zu vermeiden waren. Die unumgängliche Langsamkeit und Achtsamkeit konnte man sich indess gern gefallen lassen, wenn man bedachte, dass diese Maschine sechs Litzenflechtmaschinen und eine Seilflechtmaschine in sich enthielt, mithin im Ganzen für sieben Maschinen arbeitete.

Dies war aber in der Beziehung wieder fatal, dass, wenn auf irgend einer der 36 Spulen der Draht zuende ging und behufs Fortsetzung angestückelt werden sollte, während der betreffenden, ziemlich langen Pause diese sieben Maschinen sämmtlich ruhen mussten.

Jedenfalls können wir mit dieser combinierten Maschine, welche einzig und allein die principiell bei diesem combinierten System unvermeidlichen Unannehmlichkeiten verursachte, übrigens jedoch vollkommen rationell eingerichtet war, die ältere Periode der Drahtseilfabrikation als abgeschlossen betrachten.

Besonderes über die erste Periode der Drahtseilfabrikation in Schemnitz.

Die rühmlichst bekannte alte Bergstadt Schemnitz in Ungarn, seit 1770 der Sitz einer Bergakademie, bis 1848 der einzigen in der Oesterreichischen Monarchie, hat seinerzeit so manchen neuen Fortschritt auf dem Gebiete der Maschinen-Technik (Entwicklung der Wassersäulen-Maschinen u. a.) zutage gefördert, und war auch, wie bereits früher in diesem historischen Kapitel erwähnt wurde, der erste Ort, wo eine regelrechte Flechtmaschine erstlich zur Herstellung der Drahtlitzen, dann zum Flechten der Drahtseile aus diesen Litzen zur Ausführung und gedeihlichen Anwendung gekommen ist.

Es ist mir gelungen, die Original-Zeichnung dieser beiden Flechtmaschinen mit der zugehörigen Beschreibung und anderweitigen Erörterung in dem Schemnitzer Bergamts-Archiv auszukundschaften, und durch die Freundlichkeit des dortigen königl. ungar. Ministerialrathes und Bergdirektors Herrn Julius Svehla, sowie durch die Bemühung des königl. ungar. Bergrathes und Maschinen-Inspectors Herrn Eugen Broszmann für diese meine Publication zu acquirieren.

Es folgt hier — zum Theile in der ganzen Ausdehnung, im Uebrigen mit zulässigen Kürzungen — die wörtliche Wiedergabe des betreffenden Actenstückes in damaliger (1840) Fracturschrift. Die zugehörigen zwei Zeichnungen sind in den „Beilagen“ (rückwärts im Buche) unter ad. I, Taf. 1 und 2 photographisch auf 2:3 verkleinert zu finden.

Beschreibung der in Schemnitz bestehenden Drahtseilschlagmaschinen und der ganzen Verfertigung der Drahtseile selbst.

Nachdem die in Klausthal durch den k. hanoveranischen Oberbergrath Albert erfundenen Eisendrahtseile in ihrer Anwendung bei der Schachtförderniß sich bewährt hatten, so konnte es wohl nicht anders kommen, als daß man beim Bergwesen die Vortheile derselben, d. i. ihr geringes Gewicht, ihr kleines Volumen, und ihre verhältnißmäßig wohlfeile Gestehung allgemein sich zu Nutzen zu machen suchte. Die Treibseile sind die Arme, mit denen der Bergmann nach den in der Tiefe aufgespeicherten Schätzen langt; je tiefer sie reichen, je mehr Agilität ihnen verschafft, und je leichter die Möglichkeit wird, sich derselben zu bedienen, was nach den eben angesetzten Eigenschaften bei Drahtseilen der Fall ist: desto mehr sichert sich der Bergmann seine Herrschaft über diese Schätze. Und dies war denn auch Aufforderung genug, daran zu denken, wie bei der Erzeugung derselben, besonders dann, wenn man dazu möglichst lange Drahtstücke verwenden soll, Menschenhände und Manipulationsraum erspart, und zugleich bei dem Fabrikat jene gleichförmige Regelmäßigkeit erzielt werden könnte, welche den auf Spinnmaschinen erzeugten Faden gegen jeden andern so sehr auszeichnet.

Der Wiener Mechaniker Wurm hat zu diesem Zwecke eine Maschine konstruirt, welche dazu dienet, durch Zusammendrehen von 12 Drähten, ohne dieselben erst in Litzen zu verarbeiten, unmittelbar Seile zu verfertigen, wie sie statt den bisher hier üblich gewesenen hanfenen Treibseilen angewendet werden. Diese Maschine wurde im Jahre 1837 für den königl. n. u. Bergdistrikt erkauft, und bei dem Gebrauche derselben und der Kritik ihres Erzeugnisses mußte man wohl gestehen, daß ihr Erfinder sein vorgestecktes Ziel vollkommen erreicht habe, fand sich aber auch in Bezug des letzteren einstimmig zu dem Urtheile bewogen, daß dasselbe in seiner Haltbarkeit besonders an jenen Stellen, wo einzelne Drähte beim Gebrauche schadhaft werden und reißen, den durch den genialen Erfinder der Drahtseile erzeugten Litzenseilen nachstehe. Dies war Veranlassung die Fabrikation der Drahtseile allhier in jene der Litzen, und jene der Seile selbst zu theilen, und dazu nach dem Wurm'schen Grundprinzip die in beigefügter Zeichnung versinnlichten Maschinen zu konstruiren, deren Wesen und Gebrauch in Folgendem erläutert werden soll, wo es sodann ein leichtes seyn wird, auch das Wesen und den Gebrauch der ursprünglichen Wurm'schen Maschine und den Unterschied der beiderseitigen Fabrikate, wie er sich aus der Erzeugungsmethode selbst ergibt, einzusehen.

Ausfertigung der Drahtseile.

Die Drahtseile werden aus drei Litzen, jede Litze aber aus 4 Drähten geschlagen. Die Dicke eines der letzteren beträgt $1/8$ Wiener Zoll (3.3 mm). Beim Schlagen der Litzen, welche indem es auf die Verkürzung durch das Zusammendrehen derselben nicht ankömmt, von gleicher Länge mit dem geforderten Seile seyn müßen, verfährt man auf folgende Art: Nachdem auf jede der vier hölzernen Spulen *a*, *a*, *a*, *a*, ein Drahtstück von der Länge, wie es im Drahtzuge erzeugt werden kann (hier verwendet man sie von 20 bis 30 Klafter Länge) mit vorher zugespitzten Enden aufgewunden wurde, werden diese Spulen auf die eisernen Winkelhaggen *b*, *b*, *b*, *b*, so aufgelegt, daß sie sich auf ihren Zapfen um ihre vertikal

stehende Axe drehen können. Diese Winkelhaggen hängen an den horizontal liegenden Axen *c*, *c*, *c*, *c*, welche in dem hölzernen Kreuze *d*, *d*, *d*, *d*, sich drehen, so daß dieselben sammt den aufgesteckten Spulen auch bei Umdrehung des Kreuzes gegen den Horizont immer dieselbe Lage beibehalten. Von jeder Spule wird nun das Drahtende durch die korrespondirenden hölzernen Leitungsröhren längs der Latten *e*, *e*, *e*, *e*, welche mit den sie unterstützenden Kreuzen einen auf der Welle *h*, *h*, zugleich mit dem Kreuze *d*, befestigten Conus vorstellen, gegen den eisernen Flechtkopf *f* und durch die in seiner Mitte gemachte $3^1/_2$ Zoll im Lichten meßende Oeffnung durchgezogen. Dieser eiserne Flechtkopf besteht aus 3 vertikalen Scheiben *α*, *α*, *α'*, welche mittelst der Schrauben *g*, *g*, *g*, *g*, untereinander, und mit der hölzernen Welle *h*, *h*, verbunden sind, und in ihrem Zwischenraume die eiserne Büchse *β*, welche zugleich als Zapfen für die Welle *h*, *h*, dient, halten. Die Oeffnung in den beiden Scheiben *α α*, ist mit der Lichte dieser Büchse gleich, dagegen sind in der viereckigen Lichte der Scheibe *α'* vier mit den Latten *e*, *e*, *e*, *e*, und den daran angebrachten Leitungs-Röhren korrespondirende Hacken ausgefeilt, in deren jeden einer der vier Drähte eingelegt wird. Ist dies geschehen, so werden die durch den Flechtkopf durchgezogenen Drahtenden festgehalten, und die Welle *h*, *h*, deren zweiter Zapfen hinter dem Kreuze *d*, *d*, sich befindet, durch Umschwingen dieses Kreuzes gedreht, wodurch im und knapp hinter dem Flechtkopfe die 4 Drähte sich in eine Litze zusammendrehen. Die Drehung wird stärker oder schwächer ausfallen, je nachdem der Mann welchem das Zusammenhalten der durch den Flechtkopf durchgezogenen Drahtenden übertragen wurde, sich mit denselben bei gegebener Umdrehungsgeschwindigkeit der Welle *h*, *h*, langsamer oder schneller vom Flechtkopfe entfernt, während in demselben Maaße die Drähte von den Spulen *a*, *a*, *a*, *a*, sich abwinden. Um nun immer das durch die Erfahrung erprobte Maximum der Drehung zu treffen und in der ganzen Länge der Litze beizubehalten, welches Maximum der Drehung bei der angegebenen Drahtdicke hier mit einer Umdrehung der Litze auf 6 Zolle Litzenlänge ausgemittelt ist, wird der Litzenanfang mittelst eines Strickes an der Spule *i* befestigt, welche durch den jetzt zu erklärenden Mechanismus in rotirende Bewegung versetzt, denselben vorwärts zieht und weiter die sich bildende Litze aufnimmt. Diese rotirende Bewegung erhält die Spule *i* mittelst der Schnur *k*, *k*, von der Scheibe *l* und diese die ihrige mittelst der Schnur *m*, *m*, von der an der Axe der Welle *h*, *h*, befestigten Scheibe *n*. — Man sieht leicht ein, daß die Umdrehungsgeschwindigkeit der Spule *i* ganz von jener der Welle *h*, *h*, abhängig ist, und bei dieser Abhängigkeit die Drehung der Litze an jeder Stelle gleich stark erfolgen muß, — wie auch, daß durch Abänderung der Verhältniße zwischen den Durchmessern der Scheiben, um welche sich die Schnüre *k*, *k*, und *m*, *m*, schlingen, nach Belieben stärkere und mindere Drehungen der Litzen bezweckt werden können. Die Rollen *o*, *o*, dienen dazu, durch ihr Auseinanderrücken der Schnur *m*, *m*, den erforderlichen Grad der Spannung zu geben, welcher bei der Schnur *k*, *k*, durch Rücken der Spule *i* mit ihrem Gestelle erzielt wird. Die Rollen *p*, *p*, und *q*, *q*, dienen dazu, den Schnüren jene Lage und Richtung zu geben, welche die durch sie umschlungenen Scheiben fordern. —

Bei so gestellter und instruirter Maschine werden zwei Arbeiter, von denen der eine mittelst des Kreuzes *d* die Welle *h* in Umtrieb setzt, der andere aber beim Flechtkopfe *f* das Zusammendrehen der Drähte aufmerksam beobachtet, und jede Unregelmäßigkeit in demselben durch Richten der Drähte ꝛc. hintanhält, beide aber die ganze Maschinerie immer im Auge behalten, eine Litze schlagen, deren Länge der Drahtlänge entspricht. Weil aber diese letztere selten über 20 bis 30 Klafter

beträgt, die Seile aber, und mit ihnen auch die Litzen 100 bis 200 und mehr Klaftern lang gefordert werden, so erwächst die Nothwendigkeit, die einzelnen Drähte anzustückeln. Bei dieser Anstücklung der Drähte befolgt man hier die durch Einfachheit und bisher vollkommen erprobte Haltbarkeit sich auszeichnende Methode des Erfinders der Drahtseile, deren Wesen darinen besteht, daß die Enden der aneinander zu stückelnden Drähte um 4 Fuß übergreifen, und jedes für sich zwischen die übrigen Drähte beim Schlagen der Litzen eingezwängt, und durch die somit erzeugte Reibung festgehalten wird.

Dies setzt natürlich voraus, daß an ein und derselben Stelle der Litze nur die Anstücklung eines einzigen Drahtes vorgenommen werden, und folglich von den vier zugleich auf den Spulen *a* aufgelegten Drähten, während des Schlagens zu gleicher Zeit nie zwei oder mehrere Drähte zu Ende gehen dürfen, was entweder durch gehörige Wahl der Drähte mit Berücksichtigung ihrer Länge, oder weil diese Wahl theils zeitraubend ist, theils nicht immer frei steht, jedesmal wenn zwei oder noch mehr Drähte während des Schlagens zugleich zu Ende gehen wollten, durch Abzwicken angemessener Drahtstücke bezweckt werden kann. — Geht nun einer der 4 Drähte zu Ende, so wird, wenn dasselbe noch 4 Fuß aus dem Flechtkopfe *f* hervorsteht, mit Drehen inne gehalten, die leer gewordene der Spulen *a* gegen eine volle ausgewechselt, der neu aufgelegte Draht durch die entsprechenden Leitröhren längs einer Latte *e* durchgezogen in einen der 4 Mittelhaggen *r*, *r*, *r*, *r*, welche am Ende der hölzernen Welle *h*, *h*, zwischen den Schrauben *g*, *g*, *g*, *g*, angebracht, mit dieser Welle sich mitdrehen, und zwar in denjenigen, welcher der betreffenden Leitröhre entspricht, eingelegt und mit seinem zugespitzten Ende in die Spitze des durch die 4 alten Drähte im Flechtkopfe *f* gebildeten Kegels gerichtet. Nun wird mit dem Umtrieb der Maschine so lange fortgefahren, bis das neue Drahtende, welches der beim Flechtknopfe angestellte Arbeiter mit besonderer Aufmerksamkeit beobachten, und in der angezeigten Lage erhalten muß, sich auf 2 Fuß Länge in die Litze eingedreht hat. So wie dies geschehen ist, hat auch das hervorstehende Ende des alten Drahtes sich auf 2 Fuß verkürzt, und dieses muß dann während eines abermaligen kleinen Stillstandes der Maschine aus dem Haggen in der Scheibe *a'* ausgehoben, der neue Draht aus dem Mittelhaggen *r* an seine Stelle, und das alte Drahtende in diesen Mittelhaggen eingelegt werden. Bei abermals fortgesetztem Umtriebe der Maschine wird jetzt unter Nachhülfe des beim Flechtkopfe angestellten Arbeiters dieses alte Drahtende auf gleiche Art in die Mitte der Litze eingezwängt, wie dies früher mit dem neuen Drahtende geschehen ist, und dann mit Drehen fortgefahren werden können, bis ein abermaliges zu Ende-Gehen eines Drahtes, die Wiederholung des angegebenen Verfahrens beim Anstückeln erheischt. Nicht wenig Aufenthalt bei dieser Manipulation entsteht oft dadurch, daß der Draht elastisch, und daher unausgeglüht, wie er wegen größerem Tragvermögen seyn soll, sich von den Spulen *a*, *a*, *a*, *a*, in größerer Menge abwindet, als das Vorschreiten der erzeugten Litze bedingt, wo sodann mehrere Drahtumwindungen locker werden, von den Spulen hinabgleiten, und beim Umschwunge derselben untereinander und an der nächsten Umgebung sich verfangen. Es ist daher zur Vermeidung dieser Hemmniße zweckmäßig der Drehung der Spulen angemessene Hinderniße entgegenzustellen, was man hier durch Anpressen derselben mittelst Schraubenmuttern an den Enden ihrer Axen mit Erfolg bewerkstelliget hat.

Hat man auf diese Art auf der Spule *i* eine Litze von der geforderten Länge erhalten, was aus der Anzahl der Aufwindungen entnommen werden kann, wenn man den Durchmesser derselben sich bekannt macht, so wird diese Spule abgelegt,

und zur Ausfertigung der zweiten, und dann der dritten Litze auf jedesmal neu angelegten Spulen geschritten, so daß man jede der drei zu einem Seile nothwendigen Litzen auf einer besonderen Spule aufgewunden erhält. Dieses Aufwinden der Litzen hat der beim Flechtkopfe angestellte Arbeiter mit allem Fleiße so zu leiten, daß sowohl Aufwindung knapp an Aufwindung nebeneinander sich anlege, als auch jede Schichte dieser Aufwindungen sich regelmäßig übereinander lege, ohne daß einzelne Aufwindungen einer obern Schichte zwischen jene der nächst untern sich eindrängen. Letzteres wird besonders durch Dazwischenlegen von einigen dünnen Holzspännen den Aufwindungen ins Kreuz, erzielt. Durch dieses regelmäßige Aufwinden der Litzen wird ein gleichmäßiges Abwinden derselben beim Seilschlagen bezweckt, so wie die Evidenz der Litzenlängen erleichtert. —

Zum Schlagen des Seiles aus 3 vorbereiteten Litzen bedient man sich einer Maschine, welche der vorherbeschriebenen ganz analog ist, und sich von dieser nur durch stärkere Construction in dem Maaße unterscheidet, als sie die 3 Spulen a', a', a', mit den ganzen Litzen zu tragen hat, ferner dadurch, daß sie nur 3 Winkelhaggen b', b', b', zur Aufnahme dieser Spulen darbietet, — der Mittelhaggen r, r, r, r, die beim Anstückeln der Drähte an der vorhergehenden Litzenmaschine dienen, ganz ermangelt, indem hier keine Anstücklung vorkömmt, — in der Scheibe a'' des Flechtkopfes f' nichts anderes, als 3 der Dicke der Litzen entsprechende runde Löcher in der Lage der Ecken eines gleichseitigen Dreieckes angebracht sind, — die Leitung zwischen diesen Löchern und den Spulen a' blos in 2 Kreuzen an der Welle h' mit darinn angebrachten Löchern für die Litzen besteht, — und endlich zur Aufnahme des Erzeugnisses eine große Trommel i', welche auf ähnliche Art, wie die Spule i bei der Litzenmaschine in drehende Bewegung versetzt wird, aufgestellt ist. Hier hat man denjenigen Drehungsgrad für den zweckmäßigsten gefunden, bei welchem eine Umdrehung des Seiles auf ein Schuh Seillänge fällt. Uebrigens wird auf dieser Maschine aus den 3 aufgelegten Litzen, nachdem dieselben durch die Leitungskreuze und den Flechtknopf durchgezogen wurden, auf gleiche Art das Seil selbst geschlagen, auf welche aus den 4 Drähten früher die Litzen geschlagen wurden, wobei aber natürlich alle Anstücklungen wegfallen, und ferner nicht unbemerkt bleiben darf, daß dem gewöhnlichen Verfahren bei Drehung der Hanfseile entgegen, nach derselben Seite gedreht wird, nach welcher bei Verfertigung der Litzen gedreht wurde. —

Wenn man das Vorausgelassene gehörig aufgefaßt hat, so wird man auch ohne weitere Zeichnung das Wesen der ursprünglich vom Mechaniker Wurm angegebenen Drahtseildrehmaschine aus dem Nachfolgenden einsehen können; diese ist nämlich kurz gesagt nichts als eine Litzenmaschine zur Verfertigung von 12 dräthigen Litzen, die dann als Seile gebraucht werden. Diesem gemäß sind an ihr 12 Winkelhaggen zur Aufnahme eben so vieler Spulen an einem dazu eingerichteten Kreuze angebracht, deren 4 die in der beschriebenen Litzenmaschine angegebene Stellung haben, die übrigen 8 aber in der zu ihrem ungehinderten Umschwunge nothwendigen Entfernung von den ersteren in der Lage der Ecken eines um die Wellenaxe als Mittelpunkt gelegenen regelmäßigen Achteckes sich befinden. Natürlich muß die Leitung der Drähte von den Spulen zu dem Flechtkopfe für 12 Drähte eingerichtet, und im Flechtkopfe selbst auch 12 Haggen eingefeilt seyn. — Gebraucht man nun diese Maschine, nachdem sie mit Drähten gehörig instruirt ist, ganz analog mit der obenbeschriebenen Litzenmaschine, so erhält man gleich ein 12 drähtiges Seil. Zur Aufnahme desselben wird eine Trommel von der Größe angewendet, wie sie zur Aufnahme des Seiles bei der früher beschriebenen Litzenseilschlagmaschine ange-

geben wurde. Natürlich muß das Drehen dieser Trommel für den nöthigen Drehungsgrad den man hier mit einer Umdrehung des Seiles auf 8 Zolle Seillänge am entsprechendsten gefunden hat, durch gehöriges Verhältniß der verschiedenen Schnurscheiben erzielt werden.

Bei der näheren Beleuchtung der Erzeugnisse dieser beschriebenen Maschinen, will ich das der letzt beschriebenen ein Wurm'sches, das der ersteren aber ein Litzenseil nennen.

Wird bei Litzenseilen durch die zweimalige Drehung keine größere Spannung der einzelnen Drähte hervorgebracht, als sie bei den Wurm'schen Seilen ist, was durch gehöriges Verhältniß der verschiedenen Schnurscheiben zu erzielen ist, so bleiben in Bezug ihrer Haltbarkeit nur zwei Unterschiede zwischen diesen zwei Seilgattungen zu bemerken. Bei den Wurm'schen Seilen wird nämlich jeder Draht in seiner ganzen Längenerstreckung blos mit Ausnahme seiner Enden, sich an der Oberfläche des Seiles anlegen, und alle zusammen werden daselbst gleichsam Gewinde einer sehr gezogenen 12 fachen Schraube bilden. Reißt nun ein Draht, so ist das Seil auf der ganzen Längenerstreckung dieses zerrissenen Drahtes um einen Draht schwächer. Reißt dagegen beim Litzenseil ein solcher irgendwo an der Seiloberfläche hervorstehender Draht, so hat das Seil nur auf eine kleinere Längenerstreckung eine Schwächung erlitten, indem bei demselben jeder an der Oberfläche einer Litze befindliche Draht in seiner spiralförmigen Windung beim Zusammendrehen der Litzen in seiner ganzen Längenerstreckung von 6 zu 6 Zoll zwischen die Litzen eingezwängt wird, wonach sein Reißen nur auf das Tragvermögen eines 6 Zoll langen Seilstückes nachtheilig einwirket, welche Einwirkung sich höchstens noch zum Theil auf die nach beiden Richtungen anstoßenden 6 Zolle, daher auf keinen Fall weiter als auf 18 Zolle Seillänge erstreckt. — Aber auch das Reißen einzelner Drähte wird bei Litzenseilen in dem Maaße vermieden, als bei ihnen durch mehrmaliges Durchschlingen derselben durch das Seil die gleichförmige Belastung aller Drähte, welche man durch das Drehen bei allen Seilgattungen überhaupt, freilich auf Kosten ihres absoluten Tragvermögens, zu erreichen sucht, und bei ungedrehten Drähten in der Praxis äußerst schwer erreichen kann, mehr erzielt werden muß, als dies bei Wurm'schen Seilen der Fall seyn kann. Ein zweiter Unterschied in der Haltbarkeit zwischen den Wurm'schen und den Litzenseilen leitet sich von der Beschaffenheit ihrer Oberfläche ab. Bei ersteren fällt die Oberfläche glatter als bei letzteren aus, wonach bei diesen die einzelnen Stellen der an der Oberfläche befindlichen Drähte einer schnelleren Abreibung auf den Seilscheiben, Körben ꝛc. unterworfen sind, als bei jenen. In dieser Hinsicht sind also die Wurm'schen Seile offenbar im Vortheile. Diesen Vortheil gegen jenen der Litzenseile abzuwägen, steht nur einer sehr umsichtigen, vielfältigen mit Theorie verbundenen Erfahrung zu. Hier hat man sich bis jetzt bewogen gefunden, sich für Litzenseile zu entscheiden.

Aus dem weiteren, ziemlich ausgedehnten Inhalte des historisch und sachlich interessanten Schriftstückes sei hier noch das Folgende wörtlich angeführt.

Das erste Drahtseil für Ungarn kam unmittelbar aus Klausthal, wurde am 24. Juni 1836 auf den Pferdegöppel des Christianschachtes bei Schemnitz aufgelegt, und dient nun schon durch 3 Jahre und 10 Monate, ohne eine merkliche Beschädigung erlitten zu haben.

Seitdem sind zu Schemnitz bereits 10 200 Klafter Drahtseile mit den eben beschriebenen Maschinen verfertigt und bei den Bergwerken Ungarns in Anwendung gebracht worden, und bald werden die Hanfseile nach völliger Abnützung der noch vorräthigen, durch den Eisendraht hier gänzlich verdrängt sein. Auch Böhmen, Galizien, Illyrien, Tyrol und die Lombardei haben sich bereits zum ersten Versuche mit Drahtseilen versehen, und auch von dort hört man bisher nur Rühmliches darüber.

Durch die bisherigen Beobachtungen beim Gebrauche der Drahtseile im Schemnitzer Bezirke haben sich die Vortheile, welche der Erfinder, Herr Oberbergrath Albert im 8ten Bande von Karstens Archiv für Bergbau und Hüttenkunde im Jahre 1835 bekannt machte, vollkommen bestätiget.

Die absolute Festigkeit oder das Tragvermögen der Drahtseile wurde hier durch eigene Versuche ausgemittelt, und es ergaben sich folgende Resultate.

Ein einzelner Draht von 1/8 Wiener Zoll (3.3 mm) Dicke trug bis zum Zerreißen	850	Wien.	Pfund
Ein zwölfdrähtiges Seil	10 175	„	„
Bei einem andern Versuche wurde ein Stück Drahtseil in zwei Theile zerschnitten und davon eines ausgeglüht. Das ungeglühte trug bis zum Zerreißen	9 785	„	„
das geglühte aber nur	5 755	„	„

Aus diesen Versuchen ergibt sich:

a) Daß zwölf zu einem Seile zusammengedrehte Eisendrähte gerade zwölfmal so viel tragen als ein einzelner Draht, daß also die angewandte schwache Drehung der absoluten Festigkeit nicht schade.

b) Daß das Tragvermögen eines aus zwölf 1/8 Zoll dicken Eisendrähten bestehenden Seiles mit 10 000 Pfund, oder 100 Zentner Wiener Gewicht angenommen werden könne.

c) Daß der Eisendraht durchs Glühen über 40 Prozent seiner absoluten Festigkeit verliere, daß man sich daher beim Verfertigen der Schlinge (des Schlußgelenkes) sehr sorgfältig hüten müsse, diese Enden des Seiles, die noch etwas zu tragen haben, zu erhitzen, und daß man bei der Wahl des Drahtes ein zähes, aber durchaus nicht weiches Eisen suchen müsse.

Die von dem Erfinder schon im Jahre 1835 gesetzte Bedingung, daß das Seil nur innerhalb der Grenzen seiner Elasticität aufgewickelt werde, fordert die sorgfältigste Beobachtung, denn nichts ist nach den hier mit eigenem Schaden gemachten Erfahrungen den Drahtseilen so verderblich, als Biegung über ihre Elasticität, das heißt eine Biegung, die sich nach dem Aufhören des Druckes nicht wieder von selbst gerade richtet.

Wenn gleich den Drahtseilen das oft wiederholte Biegen auf einen Durchmesser von weniger als 8 Fuß schädlich ist, so kann man sie doch für besondere Fälle, z. B. zur bequemen Versendung, ohne Bedenken auf kleinere Rollen aufwickeln.

Schemnitz im Mai 1840.

Unterschrift fehlt.

Besonderes über Felten und Guilleaume.

Zum Schlusse wollen wir an dieser Stelle über die Entwicklung des Etablissements Felten und Guilleaume zu Mülheim am Rhein, welches als „Seilerei" überhaupt einerseits (so viel bekannt) das älteste ist, anderseits in diesem Fache allezeit bahnbrechend vorging, das Erfahrene in kurzem mittheilen.

Die Firma „Felten und Guilleaume" wurde im Jahre 1826 von Johann Theodor Felten und seinem Schwiegersohne Franz Carl Guilleaume in Köln gegründet, übernahm die von der Familie Felten schon seit Anfang des 16. Jahrhunderts betriebene Herstellung von Seilerwaaren und fügte dieser einige Jahre später zunächst die Fabrikation von Drahtseilen hinzu. Der Mitgründer Franz Carl Guilleaume war der Urgrossvater der Aufsichtsraths-Mitglieder der jetzigen Actien-Gesellschaft „Felten und Guilleaume, Carlswerk", der Herren Theodor von Guilleaume und Max Guilleaume.

Die ersten Drahtseile sollen seitens dieser Firma bereits im Jahre 1834 gefertigt worden sein, und zwar auf Veranlassung des Oberbergrathes Noegerath aus Bonn, welcher den jungen Freund Theodor Guilleaume auf die kurz vorher durch den Hannover'schen Oberbergrath Albert zu Klausthal gemachte Erfindung hinwies.

Die ersten Drahtseile wurden auch hier (so wie am Harze selbst) durch Handarbeit gefertigt, und zwar in Albert-Geflecht; erst anfangs der vierziger Jahre kam Herr Theodor Guilleaume zu der Erkenntniss, dass für verschiedene Zwecke sich das Kreuzgeflecht besser eigne und ging zur Anwendung desselben über.

Sehr frühzeitig soll das 36 drähtige Seil angefertigt worden sein.

Soweit den jetzigen Leitern der Firma bekannt ist, waren die ersten Flechtmaschinen (unbekannt zu welcher Zeit) aus Eisen hergestellt*) und flochten Litzen und Seil besonders. Eine combinierte Maschine zum Schlagen von Litzen und Seil zugleich ist allerdings in früheren Jahren auch benutzt worden; doch ist man von derselben abgekommen, als man gesehen, dass sie den gehegten Erwartungen nicht entsprach.

Bereits im Jahre 1853 wurde die Verzinkungsanstalt und die Fabrikation von Telegraphenkabeln eingerichtet und im Jahre 1857 die Drahtzieherei errichtet.

In Folge Anhäufung der Fabrikseinrichtungen (in Köln) verpflanzte 1874 der damalige alleinige Inhaber, Commerzienrath Franz Carl Guilleaume, ein Enkel des gleichnamigen Mitbegründers der Firma, die gesammte Metallverarbeitungs-Branche nach dem von ihm erbauten „Carlswerk" zu Mülheim am Rhein, während die mechanische Bindfadenfabrik und die Hanfseilerei in Köln verblieben.

Das „Carlswerk", seit 1885 von den beiden ältesten Söhnen (Theodor und Max) des Erbauers bedeutend erweitert, ist eines der grössten Etablisse-

*) Den Vergleich mit den Angaben in Prechtel's Technologischer Encyklopaedie überlassen wir — insoweit derselbe überhaupt möglich ist — dem Leser.

ments der Welt auf dem Gebiete der Draht- und Drahtseil-Fabrikation, Verzinkerei und (im grössten Massstabe) der Kabelfabrikation. Die jährliche Production des Carlswerkes beziffert sich auf 80 000 Tonnen. Dasselbe beschäftigt annähernd 300 Beamte und 4200 Arbeiter mit zusammen 7500 Angehörigen (Frauen und Kindern) — zusammen 12 000 Personen. An 40 Hektar umfasst das betreffende Gesammt-Areal, worauf ausser allem andern auch eine Hochofen-Anlage situirt ist.

In Folge von Neuerwerbungen in den 90er Jahren besitzt die Mülheimer Firma Zweigniederlassungen mit gleichartigen Fabrikbetrieben in Nürnberg, Wien und Budapest, sowie eine Seilfabrik in Waldenburg in Schlesien.

Das Grösste leistete, wie bereits angedeutet, und leistet noch weiterhin die Firma Felten und Guilleaume in elektrischen Kabeln. Die kunstvollsten Constructionen, zum grossen Theile eigene, patentierte Erfindungen werden namentlich im Carlswerk zur Ausführung gebracht. Bereits 1889 hat die Firma die ersten (zwei) unterseeischen Telephonkabel nach Buenos-Aires (Süd-Amerika) geliefert. Jüngst wurde von Felten und Guilleaume „das erste Ueberseekabel" deutschen Fabrikats in Ausführung gebracht, und von Emden—Borkum (knapp an der nördlichsten Grenze von Deutschland und Niederlande) nach Bacton behufs neuer Verbindung zwischen London und dem Continent, zusammen 507 Kilometer lang, mit bestem Erfolge auch gelegt. Bis dahin waren die Tiefseekabel nur englische Fabrikate.

Besonderes über die Drahtseilfabrik der St. Egydyer Eisen- und Stahl-Industrie-Gesellschaft, vorm A. Fischer in St. Egydy (N.-Oesterreich).

(Nach Mittheilung der Direction.)

Die Gründung der Fabrik in St. Egydy geschah durch Jacob Fischer gegen Ende des 18. Jahrhunderts. Zur Vergrösserung derselben wurde um das Jahr 1830 durch den Nachfolger (Sohn) des Obigen, Daniel Fischer, das circa 8 km von St. Egydy entfernte Werk Furthof herangezogen. Beide Werke befassten sich bis in die 50er Jahre ausschliesslich mit der Erzeugung von Hieb- und Stich-Waffen, und gingen um diese Zeit in den Besitz des Anton Fischer (Enkel des Jacob Fischer) über, welcher später für seine Verdienste vom Kaiser mit dem Prädikate „Ritter von Ankern" ausgezeichnet wurde; damals wurde die Waffen-Fabrikation aufgegeben und das Gesammtwerk auf die Erzeugung von Commerzwaaren eingerichtet.

Die in Furthof vorhandenen bedeutenden Wasserkräfte ermöglichten den Betrieb einer Frischhütte mit einem Blech-, Streck-, Fein- und Drahtwalzwerke, einer Gussstahlhütte und einer Feilenfabrik. In St. Egydy wurde zur gleichen Zeit eine Drahtzieherei, eine Nagelfabrik und eine Drahtseilfabrik eingerichtet; etwas später kam dann noch eine Nadelfabrik dazu.

Anfänglich waren bei der Drahtseilfabrikation nur Wurm'sche Maschinen in Verwendung, mit welchen nur Seile bis zu 42 Drähten ge-

flochten werden konnten; bald jedoch schritt man zur Anschaffung englischer Maschinen, welche das Flechten von Seilen in allen Combinationen ermöglichten. Noch etwas später erfolgte die Anschaffung von Flechtmaschinen für Spiralseile zu Laufbahnen und solcher für Bandseile.

Als im Jahre 1869 die St. Egydyer Eisen- und Stahl-Industrie-Gesellschaft (damals St. Egydy und Kindberger Gesellschaft) gegründet wurde, ging der Besitz sämmtlicher dem Anton Fischer Ritter von Ankern gehörigen Werke (auch jener in Steiermark gelegenen) in das Eigenthum der genannten Gesellschaft über.

In den Jahren 1870 bis 1880 erfuhr die Drahtzieherei und Drahtseilfabrik eine bedeutende Vergrösserung und ausserdem wurde zum Auswalzen schwerer Drahtadern ein Schnellwalzwerk mit Dampfbetrieb aufgestellt. In dieser Zeit wurde auch mit der Fabrikation von Stahldrahtseilen mit hoher Bruchfestigkeit begonnen.

Im Jahre 1888 wurde eine neuerliche umfassende Reconstruction der Werksbetriebe vorgenommen, wodurch die Drahtseilfabrik in St. Egydy und die Feilenfabrik in Furthof mit den diesen Zweigen unmittelbar zugehörigen Betrieben abermals bedeutend vergrössert und ausgestaltet wurden. Dagegen wurden alle andern Betriebe aufgegeben; die hierdurch frei gewordenen Localitäten und Wasserkräfte wurden zur Betriebsvergrösserung der Seil- und Feilenfabrikation verwendet.

Um den Betrieb der Drahtseilfabrik, wie auch der Drahtzüge von den wechselnden Wasserständen unabhängig zu machen, wurden dieselben gleichzeitig mit Dampfmaschinen ausgerüstet.

Es kann heute ohne Ueberhebung gesagt werden, dass in Folge vorstehend angeführter Einrichtungen die St. Egydyer Drahtseilfabrik als die grösste und leistungsfähigste der Oesterreich-Ungarischen Monarchie, und die Feilenfabrik in Furthof als die grösste Europa's (einschliesslich Englands) bezeichnet werden kann.

2. Kapitel.

Allgemeines über Drahtseil-Construction. Drahtseilmaterial und Erprobung desselben. Elasticitätsmodul des Drahtes.

Bis beiläufig zum Schlusse der sechziger Jahre, womit (abgerundet) die ältere Periode der Drahtseil-Fabrikation als abgeschlossen betrachtet werden kann, war das „constructivste" der Drahtseile — aus sechs Litzen zu sechs Drähten — so ziemlich allgemein herrschend, wobei selbstverständlich für mindere Belastungen auch Seile aus weniger als 36 Drähten im Gebrauche waren und mit der damaligen Seilflechtmaschine ohneweiters hergestellt werden konnten. Um die siebziger Jahre machte sich das Bedürfniss geltend, die Seile auch aus bedeutend mehr als 36 Drähten herzustellen. Für solche Herstellungen musste die herrschende combinierte Seilflechtmaschine aufgegeben werden, denn man wusste dieselben nur dadurch zu bewirken, dass man die Seillitzen aus bedeutend mehr als sechs Drähten anfertigte, das ganze Seil jedoch aus sechs (und höchstens acht) Litzen bestehen liess. Hiermit war man veranlasst, zu der ursprünglichen Methode, wonach zunächst die Litzen auf besonderen Litzenflechtmaschinen und sodann die Seile auf besonderen Seilflechtmaschinen hergestellt wurden, wieder zurückzukehren, die Litzenflechtmaschinen jedoch für möglichst schnellen Gang einzurichten.

Die mehr als sechsdrähtigen Litzen wurden aber derart hergestellt, dass man zunächst um eine dreidrähtige Litze als Kern neun anderweitige Drähte in entgegengesetzter Richtung herumflocht, dass man ferner einen 4 drähtigen Kern mit 10 Drähten, einen 6 drähtigen Kern mit 12 Drähten umflocht, und in dieser Weise 12, 14 und 18 drähtige umflochtene Litzen erhielt, welche bei 6 Litzen

im Seile zu den Drahtzahlen 72, 84 und 108 im Seile (anstatt der vorherigen 36) führten.*)

Die hiermit eingeführten „umflochtenen" Litzen gaben alsbald dazu Veranlassung, die Drahtseile für gewisse Zwecke eben nur als umflochtene Litzen (ohne ein zweites Flechten) herzustellen, und hiemit „schön runde" sogen. Spiralseile zu erhalten. Das Umflechten wurde dann in der Regel wiederholt, indem man $3+9=12$ Drähte mit weiteren 15 Drähten umflocht und hiedurch ein $3+9+15=27$ drähtiges Spiralseil erhielt. Ebenso ergab sich durch zweimaliges Umflechten ein $4+10+16=30$ drähtiges, ferner das besonders constructive $6+12+18=36$ drähtige Spiralseil u. s. w.

Diese unmittelbar aus Drähten durch Flechten in concentrischen Lagen hergestellten Seile, präcis bezeichnet **„Drahtspiralseile"** wurden und werden vorzugsweise aus starken Drähten als möglichst cylindrische gegen gleitende Reibung widerstandsfähige Führungsseile verwendet.

Ein zweites Mittel, um möglichst vieldrähtige und gleichzeitig sehr biegsame Seile (insbesondere für Krahne etc.) zu erhalten, bestand darin, dass man (vorzugsweise aus dünnen Drähten) zunächst mehrere (meist sechs) einfache (meist 6 drähtige) Litzen zu einem Strange und mehrere (meist sechs) solche (36 drähtige) Stränge zu einem sogen. Kabelseile (aus zusammen meist $6.6.6=216$ Drähten) zusammenflocht.

Diese „Kabelseile" oder „Kabel" sind somit (für uns) dreimal geflochtene Seile — im Gegensatze zu den zweimal geflochtenen (d. h. aus Litzen fertig geflochtenen) üblichsten Seilen und zu den einmal geflochtenen (bezw. umflochtenen) Draht-Spiralseilen.

Man unterscheidet seitdem sowohl für die Fabrikation als auch für die Theorie drei Hauptarten der Drahtseile:

I. einmal geflochtene (und umflochtene) Seile, — Draht-Spiralseile;

II. zweimal geflochtene, d. i. aus Litzen fertig geflochtene üblichste Seile; dieselben werden wegen ihrer Mannigfaltigkeit später noch unterabgetheilt werden;

III. dreimal geflochtene Seile — Kabelseile.

Bis etwa zu den siebziger Jahren wurden alle Seile — in Befolgung einer naheliegenden, natürlichen Regel — in Kreuzschlag

*) Dass die Zunahme der Drahtzahl nach aussen anstatt 6 vielmehr $2\pi=6{,}28$ betragen sollte, wenn dies überhaupt ausführbar wäre, wird später nachgewiesen werden.

geflochten, d. h. die Flechtrichtung der Litzen im Seile war der Flechtrichtung der Drähte in den Litzen entgegengesetzt, gegensinnig, nach dem Principe des Links- und Rechtsgewindes.

Bis zu demselben (beiläufigen) Zeitpunkte erhielten sowohl die Litzen (zwischen den Drähten), als auch (unumgänglicherweise) die Seile (zwischen den Litzen) entsprechend starke Hanfeinlagen (Hanfseelen).

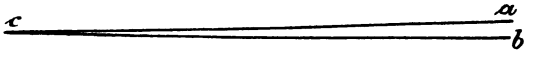
Das Seilmaterial war bis dahin weicher, guter Eisendraht.

Seitdem wurden bezüglich der beiden ersterwähnten Punkte, und die Seilfabrikation überhaupt betreffend, einzelne Aenderungen und neue Erfindungen — zum Theile müssiger Art — gemacht; die Flechtmaschine (in gleicher Weise zum Litzenflechten, wie zum Seilflechten) wurde wesentlich vervollkommnet, namentlich für den Schnellbetrieb bei möglichst präciser Arbeit eingerichtet; der wesentlichste und ausgiebigste Umschwung trat aber in dem dritten oberwähnten Punkte ein, nämlich inbetreff des Seilmaterials, wovon das Nothwendige hier sogleich folgt.

Nebenbei sei noch bemerkt, dass vor den siebziger Jahren die Drahtdicke nach verschiedenen landesüblichen und auch ortsüblichen sogen. „Lehren" (Regeln, Skalen) bemessen wurde; es gab eine und eine zweite englische, auch ausserhalb Englands stark gebrauchte Drahtlehre, es gab mehrere deutsche Lehren, darunter die westfälische, ferner eine österreichische (St. Egydyer) Drahtlehre, dann eine französische (Pariser) Lehre etc.

Seit der allmähligen Einführung des metrischen Mass-Systems einigte man sich immer mehr allgemein über die naheliegende metrische Drahtlehre, welche einfach darin besteht, dass in ihren Nummern die Drahtdicke nach Zehntelmillimetern bemessen wird: Draht No. 15, 20, 21... bedeutet Draht von der Dicke 1.5, 2.0, 2.1 mm... etc.

Die Messung der Drahtdicke geschieht am einfachsten zwischen den Kanten zweier zusammengefügten kleinen Metall-Lineale; eine dieser Kanten $a\,c$ oder $b\,c$ ist mit einem Massstabe (Drahtskala, Drahtlehre) versehen.



Wenn man nichts anderes, als einen gewöhnlichen Millimeter-Stab zur Verfügung hat und hiemit die Drahtdicke messen will, so

lege man vier oder mehrere Drahtstückchen (geradgerichtet) genau nebeneinander, messe ihre summarische Dicke und dividiere dieselbe durch vier oder mehr. (Eine Kleinigkeit aber nicht Jedermann geläufig.)

Drahtseilmaterial der Gegenwart.

Bis zu Ende der sechziger Jahre — beiläufig — wurde zur Anfertigung der Eisendrahtseile (am Continent) fast lediglich der weiche und zähe Eisendraht verwendet, welcher je nach seiner Qualität eine absolute Festigkeit (Bruchbelastung), in der Regel $A = 50$ bis 60 kg pro mm² besass.

Man rechnete die Seile auf 5 bis 6 fache Sicherheit gegen den Bruch, bei blosser Berücksichtigung der Dehnungsspannung. In England hat bereits in den sechziger Jahren die Firma Newall & Comp. zu Birkenhead Stahldrahtseile angefertigt, deren Tragfähigkeit in dem Verhältnisse 5 : 3 grösser angegeben wurde als die der gewöhnlichen Eisendrahtseile.

Um das Jahr 1870 (eigentlich bereits 1867) ist es der Firma Felten und Guilleaume in Köln a. R. gelungen, einen zur Seilfabrikation geeigneten Gussstahldraht von der doppelten Tragfähigkeit im Vergleiche mit dem besten Eisendraht herzustellen, d. i. einen Stahldraht von der absol. Festigkeit (Bruchbelastung) $A = 120$ kg pro mm².

Seitdem hat man das wunderbare Material, als welches der Stahl mit vollem Rechte zu bezeichnen ist, derart zu beherrschen gelernt, dass man hieraus Draht von beliebiger Festigkeit bis zu $A = 200$ kg/mm² ja sogar noch etwas darüber, zu erzeugen im Stande ist.

Selbstverständlich ist der Stahldraht desto härter (kohlenstoffreicher) und war ursprünglich auch desto spröder, je tragfähiger man ihn haben wollte. Allein nach durchgemachter Schule hat man es dahin gebracht, dass ein merklicher Grad von Sprödigkeit bei einem qualitätmässigen Gussstahldraht erst bei einer (absol.) Festigkeit von bedeutend über 180 kg/mm² sich einstellt und geltend macht, so dass heutzutage ein exquisiter Gussstahldraht bis zu

$$A = 180 \text{ kg/mm}^2$$

für Förderungszwecke (insbesondere aus sehr tiefen Schächten) mit vollem Vertrauen zu verwenden ist, während noch tragfähigere

Drahtsorten bis zu A = 200 kg/mm² und noch darüber für minder heikelige Zwecke und zur Erzielung des möglichen minimalen Seilgewichtes (namentlich bei den Dampfflügen) verwendet werden.

Man bezeichnet die genannten Haupt-Abstufungen des Drahtes mit der absol. Festigkeit (abgerundet):

A = 60	120	180	200 kg/mm²
als Eisendraht	Gussstahldraht	Extrastahldraht	Pflugstahldraht

Der 120er Stahldraht (wie man kurz zu sagen pflegt) ist für Förderungs- und Transmissions-Seile etc. heutzutage der gangbarste.

Mit Ausschluss des Pflug-Stahldrahtes schaltet man zwischen je zwei Hauptstufen noch eine Festigkeits-Stufe ein, so dass folgende Skala entsteht, nach welcher die Bestellung und Verwendung des Drahtes und der Drahtseile stattfindet:

A = 60 90 120 150 180 kg/mm².

Der Eisendraht mit A = 60 kommt für Zugseile aus später anzugebenden Gründen immer mehr in Vergessenheit, und man spricht kurz von 90er, 120er, 150er und 180er Stahldraht, wobei der von den Fabriken gelieferte Draht in der Regel eine etwas höhere Festigkeit (Bruchbelastung) nachweist, als jene der abgerundeten Ziffer der Festigkeits-Skala.

Es hat, wie gesagt, keinen Anstand, den Stahldraht von irgend einer der bezeichneten Festigkeits-Stufen aus einer renommierten Drahtzieherei zu erhalten und auf die betreffende Festigkeits-Ziffer zu erproben.*)

Eine solche „Zugprobe" an sich ist jedoch nicht genügend, den Draht für die Seilfabrikation kurzwegs als geeignet anzusehen.

Zu diesem Zwecke muss vielmehr nachgewiesen werden, dass der Stahldraht bei seiner (im Vergleiche mit dem Eisendraht) wesentlich gesteigerten Zugfestigkeit und Härte im Uebrigen ähnliche Eigen-

---

*) Es sind besonders für den Draht eingerichtete Zugfestigkeits-Probiermaschinen im Gebrauche, welche in der Regel auf der Hebung eines pendelartig am Ende eines zweiarmigen Hebels angebrachten Gewichtes beruhen; der an dem oberen (kurzen) Hebelsarme horizontal eingespannte Probedraht erleidet bei der mechanischen Bethätigung des Hebels einen stetig wachsenden Zug, welcher an einer Skala abzulesen ist und der Grösse nach fixiert bleibt, wenn der Draht schon gerissen ist. Gegen das plötzliche Zurückfallen des Pendelgewichtes wirkt eine Sperrklinke etc.

schaften (in Bezug auf Zähigkeit, Geschmeidigkeit etc.) besitze, wie sie einem qualitätmässigen Eisendrahte zukommen.

In der Ermöglichung der Erfüllung dieser scheinbar übermässigen Anforderung liegt eben das Kunststück, welches man an jenem „wunderbaren" Material — dem Stahldrahte — auszuführen lernte.

Der bezeichnete Nachweis wird (nach vorgenommener Zugprobe) üblicherweise erbracht:

Erstens — unter **allen** Umständen — durch eine **Biegungsprobe.**

Zweitens — je **nach** Umständen — durch eine **Torsionsprobe.**

Hiezu kommen in gewissen Fällen noch Stossproben.

Die **Biegungsprobe** wird am einfachsten in der Weise vorgenommen, dass man ein Drahtstück (oder vielmehr nach einander mehrere Drahtstücke) auf einem Schraubstocke zwischen zwei Backenbeilagen (oder Einlagen) einspannt, welche (anstatt scharfer Kanten) eine conventionelle Abrundung von 5 mm Halbmesser (also die Querschnitts-Krümmung eines 10 mm Rundeisens) besitzen. Hiernach wird der Draht wiederholt unter Zuhilfenahme eines weichen Hammers oder dgl. um 180° so gebogen, dass er sich jedesmal an die Backenabrundung möglichst genau anlegt; dies geschieht so lange, bis der Draht nach gezählten x Biegungen bricht.*) Die Zahl x ist bei einer bestimmten Drahtqualität selbstverständlich desto grösser, je dünner der Draht ist, aber bei einer gewissen Drahtdicke wird die Zahl der Biegungen auch desto grösser sein, je besser die Drahtqualität ist. Die Zahl der bestandenen Biegungen — obwohl ziemlich stark schwankend — ist für die Qualität eigentlich massgebend.

Die **Torsionsprobe** scheint von minderer Wichtigkeit, als die Biegungsprobe zu sein, da ja der Draht weder bei dem Seilflechten noch auch bei der Verwendung der Seile irgend eine Beanspruchung auf Torsion erleidet; sie ist jedoch dazu geeignet, über die Homogenität des Drahtmaterials ein Zeugniss abzugeben. Man spannt ein Drahtstück von conventioneller freier Länge (meist 200 mm oder

*) Anstatt dieser primitiven (aber leicht zu beschaffenden) Vorrichtung kann man sich eines kleinen mechanischen Apparates bedienen, wobei das zu prüfende Drahtstück zwischen zwei Eisencylinder von je 10 mm Dicke (vertical stehend) eingeklemmt und mit einem Handhebel verbunden wird, welcher aus der verticalen Lage nach rechts und links in die horizontale Lage (um je 90°) zu bewegen ist, und in dieser Weise so oftmal (bei Zählung) umgelegt wird, bis der Draht bricht.

150 mm) in zwei Kluppen ein, deren eine starr fixiert, die andere jedoch um ihre Axe (zugleich Drahtaxe) drehbar gelagert und am Ende mit einer kleinen Handkurbel versehen ist. An dieser Handkurbel werden nun Drehungen im vollen Kreise (360°) vorgenommen und gezählt, solange bis der Draht durch Abwinden entzweibricht.

Die Zahl der bestandenen Windungen hängt (ähnlich wie die Zahl der Biegungen) erstlich von der Drahtdicke, im Uebrigen von der Drahtqualität überhaupt ab.

Hier ist jedoch auch noch zu berücksichtigen, in welcher Weise diese Windungen auf die ganze Länge eines Versuchs-Drahtstückes vertheilt sind. Dieselben sind an der Oberfläche des Drahtes als Schraubenlinien entweder mit dem freien Auge oder aber mittelst eines Glases ganz deutlich wahrzunehmen. Die gleichmässige Vertheilung der Schraubenlinien nach der ganzen Länge des Drahtes bezeugt die vollständige Homogenität des Drahtmaterials, die Anhäufung dieser Linien an einzelnen Stellen des Drahtes beweist, dass das Material minder homogen ist.

Wie erwähnt, ist die Anzahl sowohl der bestandenen Biegungen als auch der bestandenen Drehungen bedeutenden Schwankungen unterworfen, weshalb es angezeigt ist, jede der beiden Proben einigemal vorzunehmen. Als beiläufiger und hinreichender Anhaltspunkt kann die folgende Tabelle dienen, in welcher für verschiedene Drahtsorten und für drei Drahtdicken $\delta = 1.4$, 2.0 und 2.5 mm, d. i. Draht No. 14, 20 und 25 — die abgerundeten Zahlen der Biegungen und Windungen angegeben sind, welche als beiläufige Minimalzahlen angesehen werden können. Diese Tabelle ist aus den Versuchs-Angaben des k. k. Maschinen-Inspectors Julius Diviš in Přibram, eines sehr fleissigen und gewissenhaften Experimentators, bereits vor mehreren Jahren zusammengestellt.

Das angeschlossene Tabellchen für Stahldraht mit (beiläufig) $A = 150$ kg/mm^2 und für die Draht-Nummern 11, 12, 14 und 16 ist der letzten Publication desselben Experimentators (in der Oesterr. Zeitschrift für Berg- und Hüttenwesen, Ende 1900) entlehnt und zeugt von der steigenden Güte des gangbaren Drahtes in den eben verflossenen Jahren, indem die Zahl sowohl der Biegungen als auch der Drehungen (siehe Draht No. 14) namhaft gestiegen ist.

Es ist wiederholt zu betonen, dass diese beiden Erprobungszahlen in der Anwendung sehr bedeutend schwanken, und dass die Beurtheilung der Drahtqualität nach diesen Zahlen zum grossen Theile dem Gefühle nach gewonnener Erfahrung überlassen bleibt.

Drahterprobungs-Tabelle.

Anzahl Biegungen (um 180° bei 5 mm Kante) und Windungen (um 360° bei 200 mm Länge), welche der Draht von verschiedener Zugfestigkeit beiläufig wenigstens ertragen soll.

A (in kg/mm²) =	60			120			150			180		
Draht No. = 10 δ =	14	20	25	14	20	25	14	20	25	14	20	25
Biegungen	27	18	14	26	17	12	26	16	11	25	16	10
Windungen . . .	60	52	40	26	22	18	26	20	17	25	19	16

Im Jahre 1900; A = 150				
Draht No. . .	11	12	14	16
Biegungen . .	63	36	30	23
Windungen .	50	42	40	34

Aus der oberen Tabelle ersieht man, dass (abgesehen von der sehr grossen Anzahl Windungen, welche der Eisendraht von A = 60 vermöge seiner Weichheit verträgt) die Zahlen sowohl der Biegungen als auch der Windungen bei den Drähten von verschiedener Zugfestigkeit und Härte bei einer gewissen Dicke nicht wesentlich von einander verschieden sind. Hiermit ist festgestellt, dass der heutige Stahldraht durch die eigenthümliche Behandlung, welche ihm in den Drahtziehereien zutheil wird, beinahe denselben Grad der Zähigkeit, Geschmeidigkeit und Elasticität erhält, wie wir ihn bei einem qualitätmässigen (weichen) Eisendraht schon aus früherer Zeit zu beobachten gewohnt sind. Hieraus folgt auch, dass ein Stahldraht, der bei den Biegungs- und Torsionsversuchen sich nahezu ebenso verhält, wie ein guter Eisendraht, auch — ebenso wie dieser — zur Seilfabrikation die richtige Eignung besitzt.

Im Einklange mit diesen Thatsachen verhält sich auch der Elasticitätsmodul des heutigen Stahldrahtes. Während in früherer Zeit dieses Dehnsamkeitsmass (eigentlich der reciproke Werth des Dehnungs-Coëfficienten) bei einem guten Eisendrahte etwa 16 000 kg/mm² betrug, bei einem harten Stahldrahte aber hoch über

20 000 kg/mm² stieg, wird dieser letztere Betrag selbst bei unserem härtesten Stahldrahte (mit A = 180), wenn er eben qualitätsmässig ist, kaum erreicht.

Insonderheit eine theoretisch genaue Bewerthung des Elasticitätsmoduls von Fall zu Fall für die Zwecke der Anwendung ganz überflüssig, aber auch practisch ganz unthunlich wäre, können wir bei unseren practischen Berechnungen des Stahldrahtes als solchen (vor der Hand ohne Rücksicht auf sein Verhalten im Seile) überhaupt — ohne weitere Unterscheidung

$$E_0 = 20\,000 \text{ kg/mm}^2$$

annehmen, wenn wir nach practischer Ueblichkeit etwas reichlich rechnen wollen.

Wenn wir hingegen das in der Praxis übliche „Zugeben" für unnöthig erachten, also genauer oder vielmehr knapper rechnen wollen, so setzen wir namentlich für den weicheren Stahldraht (bis inclus. A = 120) einschliesslich des Eisendrahtes

$$E_0 = 18\,000 \text{ kg/mm}^2.$$

Der erstere, sicherere Werth $E_0 = 20\,000$ kg/mm² empfiehlt sich namentlich für vielseitige, vergleichende Rechnungen durch seine ziffermässige Einfachheit und wird in den weiterhin hier folgenden, mehrseitig vergleichenden Berechnungen zum Anhaltspunkt genommen; die Schlussresultate für die Anwendung werden jedoch (als Alternative) auch auf Grund des knapperen Werthes $E_0 = 18\,000$ kg/mm² festgestellt werden.

Note. Der Elastic.-Modul E_0 des Drahtes erscheint hier als diejenige (ideale) Dehnungs-Spannung (Belastung der Querschnittseinheit) aufgefasst, welche eintreten würde, wenn der Draht innerhalb der Elasticitätsgrenze (d. h. innerhalb der Proportionalität zwischen Belastung und Dehnung) auf das doppelte seiner ursprünglichen Länge ausgedehnt werden würde. Das ist die meist übliche Auffassungsweise des Elastic.-Moduls, wobei man sich die Möglichkeit der Dehnung auf die doppelte Länge innerhalb der Elasticitätsgrenze einbilden muss, aber auch ohneweiters einbilden kann.

Für manche Berechnungen wie wir sie auch hier späterhin ausführen werden, erscheint es bequemer, den Elastic.-Modul als den reciproken Werth des Dehnungs-Coëfficienten (nach Prof. Bach) aufzufassen. Der Dehnungs-Coëffic. ist aber die relative (d. i. die auf die Längeneinheit entfallende) Dehnung, welche durch die Belastung der Querschnittseinheit mit der Gewichtseinheit (d. i. durch 1 kg pro mm²) hervorgerufen wird. Der Elastic.-Modul (als reciproker Werth dieser sehr kleinen Grösse) erweist sich hienach als eine Länge und zwar als diejenige Drahtlänge, welche bei

dem Drahtquerschnitte = 1 mm² durch die Belastung = 1 kg die Verlängerung = 1 erfahren würde (Länge und Verlängerung im gleichen Masse ausgedrückt). Diese Länge ist (in beliebigem Masse) selbstverständlich sehr gross, und zwar gerade so gross, wie der Elastic.-Modul nach der früheren Auffassungsweise.

Es darf nicht unerwähnt bleiben, dass man bereits auch schon heute im Stande ist, Gussstahldraht von einer Bruchbelastung zu erzeugen, welche die obigen grössten Werthe A = 180 und 200 kg/mm² sehr bedeutend überschreitet.

Die Weltfirma Felten und Guilleaume fertigt Stahldraht in dünneren Sorten für Claviersaiten und dgl. bis zu einer Bruchfestigkeit von 250 kg/mm² an, welche (wohl auch mit Rücksicht auf die erforderliche Biegungsfähigkeit) als die höchste erreichbare Grenze angesehen werden dürfte.

Vor der Hand freilich werden wir es für Maschinenbetrieb bei No. 180 bis 200 kg/mm² als grössten Werthen bewenden lassen, denn darüber hinaus wird ein immer mehr zunehmendes Risico in der Anwendung zu übernehmen sein. Zum mindesten ist bei jeder Steigerung der Drahtfestigkeit noch vielmehr gesteigerte Vorsicht in der Anwendung geboten!

3. Kapitel.

Flechtmaschine und Flechtregeln der Gegenwart.

Kreuz- und Albertgeflecht bei den bisherigen und bei den neuen Seilconstructionen. Herstellung verjüngter Seile.

In dem ersten (historischen) Kapitel ist dargethan worden, dass man im Laufe der Zeiten bei der Seilfabrikation darauf zurückgekommen ist, die Litzen und Seile auf besonderen Maschinen zu flechten, wie dies uranfänglich geschehen ist. Um hier den Vorgang beim Seilflechten im ganzen zu geben, muss Einiges aus dem bereits früher Gesagten wieder angeführt werden.

Behufs der Herstellung eines Drahtseiles wird sonach zunächst auf einer **Litzenflechtmaschine** eine Anzahl von Drähten zu einer Litze zusammengeflochten; sodann wird auf einer **Seilflechtmaschine** eine Anzahl solcher Litzen zu einem (zweimal geflochtenen) Seile zusammengeflochten.

Die Litzen- und die Seil-Flechtmaschine haben im Principe durchaus die gleiche Einrichtung und unterscheiden sich im Wesentlichen nur durch ihre Grösse, im Uebrigen durch gewisse später hier anzuführende Modificationen.

Die Seilflechtmaschine ist nicht bloss deshalb grösser, weil ihr Flechtmaterial (die Litzen) voluminöser ist, als das Flechtmaterial (die Drähte) der Litzenflechtmaschine, sondern auch noch aus dem Grunde, weil eine Seilflechtmaschine die sämmtlichen Litzen in ihrer totalen Länge — entsprechend der Länge des herzustellenden Seiles — aufnehmen muss (indem nämlich die Litzen beim Flechten nicht wohl

angestückelt werden können),*) während bei dem Flechten einer Litze einzelne Drähte durch Flachschlagen und Zusammenlöthen der beiden Drahtenden leicht zu verbinden sind und hiemit eine Anstückelung der Drähte ganz wohl angeht. (Der Vorgang hierbei ist in dem nächstfolgenden Unterkapitel „Herstellung verjüngter Seile" näher angegeben.)

In beiden Fällen — beim Litzenflechten wie beim Seilflechten muss dafür gesorgt werden, dass die Flechtelemente (Drähte oder Litzen) keineswegs um ihre Axen gedreht, also keineswegs auf Torsion beansprucht werden, und dass vielmehr lediglich ein Umlegen dieser Flechtelemente um eine Centraleinlage (Seele) stattfindet; diese letztere wird gemeiniglich und correcterweise eine Hanfeinlage (Hanfseele) sein.

Eine weitere Hauptanforderung wird darin bestehen, dass die sämmtlichen Drähte eines Seiles durch eine Belastung desselben durchaus gleich angespannt seien. Zu diesem Zwecke müssen einerseits die Drähte einer Litze und auch die Drähte in den sämmtlichen Litzen eines Seiles den gleichen Flechtwinkel besitzen, andererseits müssen aber auch die sämmtlichen Litzen eines Seiles den gleichen Flechtwinkel haben. Der Flechtwinkel der Litzen im Seile kann aber von dem Flechtwinkel der Drähte in den Litzen verschieden sein.

Die Hauptanforderung der gleichen Anspannung sämmtlicher Drähte im Seile erheischt zuvörderst ausschliesslich nur Hanfeinlagen (starke Schnüre) zwischen den Litzen im Seile; sie erheischt aber auch nur Hanfeinlagen (schwache Schnüre) zwischen den Drähten in den Litzen. Ueber die Schädlichkeit der Drahteinlagen (Drahtseelen) namentlich in den sechsdrähtigen Litzen, wo sie (als je siebente Drähte) einen geometrisch starren, scheinbar sich empfehlenden Litzenquerschnitt darbieten, wird in einem späteren Kapitel besonders mitgetheilt werden.

Den ausgesprochenen und auch allen sonstigen billigen Anforderungen — namentlich auch der Anforderung einer entsprechend schnellen, präcisen Arbeit — entspricht eine **Einrichtung der Flechtmaschine,** welche in der 4. Beilage (rückwärts) mit der Aufschrift „Flechtmaschine" schematisch (ohne Rücksicht auf die constructive Ausführung des Details) dargestellt ist.

---

*) Bei der Herstellung abnormal langer — etwa mehrere Tausend Meter langer — Seile muss dieses Anstückeln dennoch möglich gemacht werden, wodurch unumgänglicherweise wunde Stellen im Seile entstehen.

Wie erwähnt, kann dieselbe (wenn man von dem Massstabe der Zeichnung, welcher überhaupt nicht vorhanden ist, absieht) ebensowohl als eine Litzenflechtmaschine, wie auch als eine Seilflechtmaschine angesehen werden. Aus einem später anzugebenden Grunde taugt sie zwar eher als Seilflechtmaschine; in der folgenden Beschreibung werden wir sie jedoch immerhin als eine Litzenflechtmaschine ansehen, weil das Litzenflechten dem Seilflechten vorangeht.

Auf einer hohlen Welle — Flechtwelle, hohl für die Hanfseele — sind zwei Scheiben (als Armkränze) aufgekeilt, welche lediglich dazu bestimmt sind, je zwei zusammengehörige Zapfenlager, eines für einen vollen, das andere für einen hohlen Zapfen h zu tragen. Von diesen je zwei Zapfen gehen nach abwärts je zwei Arme a zu je einem Rahmen R, auf welchem die beiden Zapfen z je einer Drahtspule bremsbar gelagert sind. Von jedem vollen Zapfen (links) geht nach abwärts ein kurbelartiger Arm a', dessen Kurbelzapfen in einem Ringe ϱ (ohne Arme) steckt, welcher als Lenkring bezeichnet werden kann.

Jeder Rahmen R bildet mit seinen beiden Armen a und mit dem Arme a' ein starres Ganzes, welches (zugleich mit den Drahtspulen) erstlich schon durch sein Eigengewicht, dann durch das Gewicht des Lenkringes ϱ fortwährend in hängender Lage erhalten wird. Damit aus dieser hängenden Lage auch das geringste Schaukeln (Schwingen) des ganzen Spulensystems vermieden werde, sind innerhalb des Ringes ϱ nahe unter dem Horizonte seines Mittelpunktes zwei ausserhalb festgelagerte Leitrollen l angebracht, welche das Innere des um seinen Mittelpunkt rotierenden, gegen die Maschine excentrischen Ringes fortwährend berühren und ein schnelles Arbeiten der Maschine ermöglichen.*)

Der auf den Spulen aufgewickelte Draht geht durch die Hohlzapfen h über Spur- als Leitrollen f und f' (deren Lagerungskränze in der Zeichnung weggelassen sind) in die Höhlungen des zu diesem Zwecke stark verdickten Wellenkopfes K, welcher zugleich als

*) Diese zwei Leitrollen (welche auch durch eine andere Construction ersetzt werden können) fehlten bei der ehemaligen Flechtmaschine, weshalb denn der Lenkring ϱ recht schwer gemacht werden musste. Bei dem nunmehrigen Vorhandensein der Leitrollen kann der Ring ϱ auch leicht gebaut sein. Da der Mittelpunkt dieses Ringes um die Armlänge a' (als Excentricität) von der Maschinenaxe (nach unten) absteht, so kann derselbe auch um ein an dem Maschinengestell fixiertes Excenter drehbar gemacht werden, wonach die Leitrollen hinwegfallen.

Lagerzapfen der Flechtwelle dient und auf seiner Stirn den Flechtkopf *k* trägt.

Dieser Flechtkopf ist eine auf dem Wellenkopfe angeschraubte oder aufgekeilte Stahlscheibe mit einer runden Centralöffnung für die Einlage (Seele) und mit soviel symmetrisch angeordneten Umfangsöffnungen, als die Zahl der jeweilig um die Seele herumzulegenden Drähte beträgt (in der Zeichnung sechs, siehe Ansicht *k* ad Fig 1).

Der Flechtkopf, welcher in hinreichend vielen Exemplaren (für 6, 8, 12, 18 etc. Umfangsdrähte) vorhanden ist, wird für die betreffende Draht- (zugleich Spulen-) Zahl gewählt, und kann während des Flechtens nicht ausgewechselt werden. In Fig. 5 ist ein Flechtkopf für 18 Drähte, welche um einen Kern von 12 Drähten (nebst Einlage) herumgelegt werden könnten, in der Ansicht dargestellt.

Für mehr als sechs Drähte muss die Flechtmaschine auch zur Aufnahme von mehr als sechs Drahtspulen mit ihren Lagerungen eingerichtet werden, welche sodann auch in zwei oder mehreren Ebenen hintereinander angeordnet werden können, wobei die Spulenrahmen zwischen den beiden Tragscheiben eine bedeutend grössere Länge erhalten. (Unsere Skizze gilt eben nur für sechs Umfangsdrähte, und auch diesfalls wäre ein grösserer freier Raum zwischen den Spulen einerseits und den Hohlzapfen *h* andererseits entsprechend gewesen, wodurch jedoch die schematische Darstellung zu viel Raum beansprucht hätte.)

Die aus dem Flechtkopf hervorkommenden sechs (oder mehr) Drähte sind nunmehr um den inneren Kern (Einlage) schraubenlinienförmig herumzulegen. Dies geschieht durch die Rotation der Flechtwelle und durch das gleichzeitige lineare Vorrücken, d. h. durch das gleichmässige Herausziehen der sämmtlichen Drähte aus der Maschine heraus (in der Pfeilrichtung). Zuvörderst werden jedoch zunächst des Flechtkopfes die Litzendrähte (bezw. die entstehende Litze selbst) durch einen leicht gebremsten „Halter" *b* (auch „Bremse" genannt) zusammengehalten, damit die präcise Schraubenform der Litze erzielt und diese letztere entsprechend angespannt (gedehnt) werde.

Das genannte lineare Vorrücken der Litze hat für jede Umdrehung der Flechtwelle ein bestimmtes Mass, wodurch der Flechtwinkel (bezw. der sogen. „Drall") bestimmt wird.

Dieses Vorrücken bewirkt die am Umfange mit einer flachen Spur versehene Abnehmerscheibe dadurch, dass die aus der Maschine hervorkommende Litze die genannte Scheibe einmal umschlingt (um eine hinreichend grosse Reibung am Umfange hervorzurufen) und

dass diese Scheibe in eine entsprechend langsame rotierende Bewegung von der Flechtwelle aus versetzt wird. (Siehe ad Fig. 1). Die langsame Bewegung der Abnehmerscheibe veranlasst eine Schraube ohne Ende, welche in das auf der Axe dieser Scheibe aufgekeilte Wurmrad eingreift und durch eine Zahnrad- oder dgl. Transmission von der Flechtwelle gedreht wird.*)

Die um die Abnehmerscheibe einmal geschlungene Litze geht oben (im Niveau der Maschinenaxe) weiter zu der Aufnahmetrommel, welche durch die Vermittlung einer Riemenübersetzung (oder eines Bandes) eine mit der Aufnehmerscheibe genau gleiche Umfangsgeschwindigkeit erhält und die Litze in Vorrath aufnimmt.

Auf der andern (linken) Seite der Maschine ist die Flechtwelle auf einem Ständer *St* das zweitemal gelagert und mit einer Riemenscheibe versehen, welche den Antrieb der ganzen Flechtmaschine veranlasst. — Je nachdem der betreffende Transmissions-Riemen gerade oder gekreuzt angeordnet wird, entspricht das jeweilige Geflecht einem Rechts- oder Linksgewinde. Man hat es somit ganz in seiner Gewalt, ein eventuelles zweites Flechten für den „Kreuzschlag" oder für den „Albertschlag" einzurichten. Hienach muss allerdings auch die Transmission zum Abnehmer angepasst werden (durch Auswechslung der Transmissionsschraube oder dgl.).

Ueber den Kreuz- und Albertschlag folgt demnächst das Weitere.

Die schematisch dargestellte Einrichtung der Flechtmaschine erfährt bei der wirklichen Ausführung namentlich als **Litzenflechtmaschine** einige Modificationen, welche hauptsächlich einen möglichst schnellen Betrieb zum Zwecke haben.

Diese Modificationen sind aus der verkleinerten Werkszeichnung einer zwölfspuligen Litzenflechtmaschine, 5. Beilage zu ersehen. Hiebei wird vornehmlich die möglichste Verminderung der beweglichen Bestandtheile (Massen) zur Erzielung eines möglichst starren Mechanismus angestrebt.

---

*) Das betreffende Zahnräderpaar wird durch ein Zwischenrad ergänzt; dieses und das Wellenrad sind zum leichten Auswechseln eingerichtet, wodurch die Grösse des Flechtwinkels zu beherrschen ist. Bequemer geschieht diese Transmission zunächst durch einen Riemen oder eine Gelenkkette; die Veränderung des Umsetzungsverhältnisses wird sodann anderweitig und besser zugänglich geregelt. In unserer schematischen Darstellung ist die Transmission eben nur schematisch einfach angedeutet.

Zunächst sind in bereits früher angedeuteter Weise die Spulenrahmen wesentlich verlängert und bilden (anstatt herabzuhängen) mit ihren Drehzapfen eine einzige Ebene. Ausserdem sind die Führungsrollen *f* und *f'* (4. Beilage), durch welche die sämmtlichen Drähte von den Spulen dem Flechtkopfe correct zugeführt werden, deshalb ganz weggelassen, weil beim Schnellbetrieb der Draht aus der Rollenspur leicht heraustritt. In Folge dieser Vereinfachung des Mechanismus bricht und **reibt** sich jeder Draht fortwährend an zwei Stellen: einmal innerhalb des Spulenrahmens bei seinem Eintritte in den hohlen Drehzapfen desselben, das anderemal bei seinem Austritte aus diesem Drehzapfen (bei 1 und 2).

Damit der Brechwinkel des Drahtes namentlich an der ersteren Stelle (innerhalb des Spulenrahmens) möglichst stumpf ausfalle, wird die hohle Flechtwelle verhältnissmässig sehr lang gemacht und ist deshalb nahe der Mitte durch zwei Rollen unterstützt.*) Aber der Draht bricht sich und reibt sich doch; es ist fraglich, ob dieses unausgesetzte Brechen und Reiben für die Tragfähigkeit des Drahtes (und Drahtseiles) von so geringem Nachtheile ist, als man gewöhnlich annimmt. Um den Preis des möglichst schnellen Flechtbetriebes muss sich der Draht dieses „Zerren" immerhin gefallen lassen.

Note. Auf der Drahtziehbank wird der Draht zwar durch Oeffnungen auch „hindurchgezerrt", allein dieses „Zerren" bewirkt durch einen am ganzen Drahtumfange gleichmässig vertheilten Druck bei gleichzeitigem axialen Zug (ohne jeglichen Bug oder Bruch) ein gleichmässiges Verschieben der Eisenmolekule zugunsten der Drahtfestigkeit, während das obige Zerren beim Flechten an zwei Stellen ein wirkliches Biegen (Brechen der Richtung nach) und einseitiges Reiben des Drahtes in sich schliesst, welches beides die Drahtfestigkeit desto mehr beeinträchtigt, je grösser der Brechwinkel ist; darum eben trachtet man den Brechwinkel möglichst klein zu machen.

Die 6. Beilage gibt nach einer in Přibram abgenommenen Photographie das Bild einer 18 spuligen Litzenflechtmaschine; dieselbe besitzt inbetreff des Antriebes des Abnehmers eine Eigentümlichkeit, von welcher demnächst (bei den „Gekuppelten Flechtmaschinen") das Nothwendige mitgetheilt werden wird. Im Uebrigen ist diese Maschine ganz nach Art der 12 spuligen Litzenflechtmaschine, 5. Bei-

*) Zu eben solchem Zwecke, den Brechwinkel des Drahtes an der zweiten Stelle (beim Austritte aus dem Drehzapfen) möglichst klein zu machen, werden die Spulen mit ihren Rahmen möglichst nahe an die Flechtwelle gerückt, was dadurch ermöglicht wird, dass an einer Stelle der Flechtwelle nur drei (anstatt sechs) Spulen um diese Welle herumliegen, und dass sodann die sämmtlichen Spulen in drei Schraubenlinien um die Flechtwelle und möglichst knapp an derselben angeordnet werden.

lage eingerichtet, besitzt jedoch zwei Schutzbögen in Blech gegen das Verspritzen des Schmieröles, welche das Bild etwas verdecken. Das Räderwerk des Abnehmers zur Regulierung des Dralls und die Messscheibe (mit 1 m Umfang), welche das Zählwerk bethätigt, sind rückwärts (am Bilde links) wohl ersichtlich.

Für die **Seilflechtmaschine,** welche aus bereits besagten zwei Gründen sehr bedeutende Dimensionen erhält, obwohl sie in der Regel bloss sechs bis acht Spulen aufnimmt, bleibt die Ausführung nach der schematischen Darstellung in der 4. Beilage im wesentlichen ungeändert. Den Spass (um das richtige Wort zu wählen), die Flechtelemente (diesfalls Litzen) vor dem Zusammenflechten an zwei Stellen der Richtung nach zu brechen, darf man sich hier keineswegs erlauben; man braucht es auch nicht, denn die Seilflechtmaschine bewegt sich aus mehrfachem Grunde nur mässig schnell; die Führungsrollen zwischen den Spulen und dem Wellenkopf erweisen sich somit hier ebenso anstandslos zulässig als wohlthuend. Zugleich ist das Herabhängen der Spulen mit ihren Lagerungs-Rahmen eine Nothwendigkeit. Bei sehr starken Seilflechtmaschinen sieht man sich jedoch mit Rücksicht auf die sehr bedeutenden Massen, welche relativ gegen die Hauptwelle erzwungen zu bewegen sind, zu einer anderweitigen Modification der Ausführung veranlasst. Diese Abweichung von der schematischen Einrichtung in der 4. Beilage besteht darin, dass man den einfachen aber viel Kraft (Druck) beanspruchenden Mechanismus des Lenkringes durch ein System von Planetenrädern ersetzt, welche an der rückwärtigen Tragscheibe der Flechtmaschine angebracht werden und das fortwährende Herabhängen der schweren Spulen mit ihren Rahmen unmittelbar (anstatt durch Vermittlung des Hängringes) bewirken.

Diese Einrichtung der Planetenräder ist in der 7. Beilage für eine sechsspulige Seilflechtmaschine dargestellt; hierbei ist eine der 6 Spulen mit ihrer Federbremse zur deutlichen Ansicht gebracht. Selbstverständlich haben die sämmtlichen $6+3+1=10$ Zahnräder die gleiche Grösse und Zähnezahl; das mittlere Rad ist fix, nämlich auf der Welle lose sitzend und mit dem Maschinengestell fest verbunden. Auf den Axen der sechs äusseren Räder sitzt (bezw. hängt) je ein Rahmen mit seiner Litzenspule.

Die 8. Beilage gibt ein Bild einer achtspuligen Seilflechtmaschine (im Vordergrunde eines Maschinenlocals). Das Planetenradsystem besteht hier aus $8+4+1=13$ gleichen Zahnrädern. Der Antrieb der Maschinenwelle wird (wegen ihrer langsamen Bewegung)

durch ein Zahnradpaar vermittelt; ein geschränkter Riemen treibt die Welle des kleineren Zahnrades an.

Hiemit wäre das Wesentliche über die Flechtmaschinen erledigt. In der Anwendung gibt es allerdings Modificationen der Ausführung, welche theilweise bereits angedeutet wurden und auf welche weiters hier nicht eingegangen werden kann. Uns handelt es sich ja nicht um die Detail-Construction aller möglichen Flechtmaschinen, wohl aber um alle (rationellen) Seilconstructionen und zum Verständniss sowie zur Beurtheilung dieser letzteren reicht das mitgetheilte Wesentliche über die Flechtmaschinen hin. Zur Ergänzung sei nur noch erwähnt, dass es auch stehende Flechtmaschinen (mit verticalen Flechtwellen) gibt, welche vorzugsweise in Frankreich beliebt sein sollen, aber auch in andern Ländern vorhanden sind.*) Dieselben beanspruchen einen geringen horizontalen Raum, sind aber weniger übersichtlich als die liegenden Flechtmaschinen (wahrscheinlich auch theuerer).

Näheres über den Kreuzschlag und Albertschlag.

Handelt es sich um ein „Umflechten", d. h. um das Herumlegen einer gewissen (um 6 grösseren**) Drahtzahl um einen bereits aus Drähten geflochtenen Kern — zum Zwecke der Herstellung einer umflochtenen Litze oder eines sogen. Draht-Spiralseiles, — so wird man, um ein gestaltiges und correctes Geflecht zu erhalten, nach des Verfassers Meinung stets das Kreuzgeflecht anwenden sollen.***)

Wenn es sich hingegen um ein zweites Flechten im eigentlichen Sinne handelt, wenn also aus Litzen ein Seil zu flechten ist, so kann man eben nach Belieben den Kreuzschlag oder den Albertschlag anwenden, d. h. wenn die Litzen z. B. nach dem Principe des Rechts-Gewindes geflochten sind, so kann man dieselben nach

*) Die Firma Heinr. Gläser zu Mülheim a. Rhein fabriciert neben den verschiedensten Apparaten zur Draht- und Drahtseil-Herstellung auch verticale Flechtmaschinen. Dergl. Apparate werden auch aus England u. a. bezogen.

**) Die Zunahme der Drahtzahl um sechs beim Umflechten wird später motiviert, bezw. auf $2\pi = 6{,}28$ zurückgeführt werden.

***) Wollte man das Umflechten in demselben Sinne bewerkstelligen, wie das Flechten des Kernes geschehen ist, so müsste man zur Erzielung eines gestaltigen (gleichmässig dicken) Geflechtes die Länge der äusseren Windungen vollkommen gleich machen der Länge der inneren Windungen dann besässen aber die Umhüllungsdrähte einen viel grösseren Flechtwinkel

links zum Seile zusammenflechten (Kreuzschlag), man kann sie aber auch abermals nach rechts zusammenflechten (Albertschlag).

Diese Doppelregel: „Kreuzschlag beim Umflechten" und „Kreuz- oder Albertschlag" beim zweiten Flechten bleibt auch dann aufrecht, wenn man das Princip der concentrisch geflochtenen, durch ihre Rundung und Gestaltigkeit ausgezeichneten Spiralseile auch auf die Litzen, als Flechtelemente ausdehnen, und hiemit die hier in Betracht gezogenen, in die Praxis jedoch erst einzuführenden „Litzen-Spiralseile" herstellen will. Hienach wird zunächst, — sagen wir „normalmässig" — aus **sechs**drähtigen Litzen ein Seil, welches mehr als etwa 48 Drähte enthalten soll, in der Weise herzustellen sein, dass zunächst (beispielsweise) aus sechs solchen Litzen (mit entsprechender Hanfeinlage) ein 36 drähtiger Kern geflochten wird, und dass sodann um diesen Kern 12 derartige Litzen herumgeflochten werden, wonach selbstverständlich noch ein weiteres Umflechten mit 18 derartigen Litzen möglich wäre. Bei der Herstellung dieser „Litzen-Spiralseile", (wobei selbstverständlich auch mehr als sechsdrähtige Litzen verwendet werden können) wird zwischen den Litzen zweier Lagen nach dem Principe der Spiralseile der Kreuzschlag am Platze sein, d. h. wenn die Litzenaxen der unteren Lage einem Rechtsgewinde entsprechen, so sollen die Litzenaxen der nächst oberen Lage ein Linksgewinde darstellen. Dabei wird jedoch immerhin eine Lage, insbesondere die äussere, der Abnützung ausgesetzte Lage der Litzen nach Belieben den Kreuzschlag oder den Albertschlag aufweisen, je nachdem die Litzenaxen dieser Lage und die Drähte derselben im entgegengesetzten oder aber in dem gleichen Sinne geflochten sind.

Das Albertgeflecht ist somit neben dem Kreuzgeflecht ebenso, wie bei der bisherigen Seilconstruction (wobei die Anzahl Litzen im Seile in der Regel sechs und höchstens acht oder neun beträgt), auch

---

als die Drähte des Kerns; dieses ist jedoch aus Rücksicht für die geforderte durchaus gleiche Anspannung (Beanspruchung) der sämmtlichen Drähte ganz unzulässig. Deshalb ist beim Umflechten stets der Kreuzschlag anzuwenden.

Hiermit will allerdings nicht etwa gesagt sein, dass man beim Umflechten den Albertschlag überhaupt nicht anwenden könnte; man kann ihn anwenden und man wendet ihn auch an, wenn man für den Albertschlag besonders eingenommen ist. Viele Fachmänner sind aber überhaupt gegen den Albertschlag eingenommen. Der Verfasser befolgt hier den Mittelweg, ohne ihn allerdings Anderen aufdringen zu wollen.

bei den durch den Verfasser hier eingeführten Litzen-Spiralseilen ohneweiters anzuwenden.*)

Der Vortheil des Albertgeflechtes, dass hiedurch eine grosse Drahtfläche der äusseren Abnützung ausgesetzt ist, und dass hiebei die Drähte im Seile möglichst wenig gebogen (bezw. der Richtung nach gebrochen) sind, kommt aber bei den Litzen-Spiralseilen in höherem Masse, als bei irgend einer andern Seil-Construction zur Geltung; denn da die minimale Zahl der äusseren (der Abnützung ausgesetzten) Litzen hier neun, in der Regel jedoch zwölf, achtzehn u. s. w. beträgt, so besitzen diese Seile selbst schon bei Anwendung des Kreuzgeflechtes einen hohen Grad der Rundung und eine grosse Drahtoberfläche; diese Eigenschaft wird aber durch die Anwendung des Albertschlages noch wesentlich gesteigert.

Die neuen Litzen-Spiralseile haben aber gegen die bisherigen Seilconstructionen auch andere noch höher anzuschlagende Vorzüge, welche hier erst später, bei der Special-Behandlung der einzelnen Seilconstructionen zum Vorschein kommen werden.

Was noch den „Albertschlag" gegenüber dem „Kreuzschlag" im Allgemeinen betrifft, so wurde bereits in der historischen Einleitung angeführt, dass diese Flechtweise eigentlich die „primitive", — von dem Erfinder der Drahtseile Albert am Harze ursprünglich (in den dreissiger Jahren) angewendete war; dass man dieselbe später zu Gunsten des Kreuzgeflechtes aufgab, in den sechziger Jahren jedoch eben am Harze — nach Hoppe's historischer Darstellung — wieder zu dem „alten Machwerk", nämlich zu dem Albertgeflecht, als dem in mancher Beziehung zweckmässigeren Geflechte zurück-

*) Die Idee der Litzen-Spiralseile ist nicht neu; sie ist ja auch viel zu nahe liegend. Die hierortige rechnungsmässige und constructiv allseitige Behandlung derselben, also ihre Einführung ist aber als neu zu bezeichnen, gleichgiltig, ob und wann die Anwendung derselben in der Praxis stattfinden wird. — Die Anwendbarkeit der Litzenspiralseile erstreckt sich zuvörderst im ganzen Bereiche der gangbaren aus umflochtenen Litzen bestehenden Seile. Jedes solche Seil kann durch ein Litzenspiralseil ersetzt werden, dessen jede Litze aus so viel Drähten besteht, als das (gangbare) Seil Litzen enthält (in der Regel sechs); die Zahl und Anordnung der Litzen im Spiralseile ist aber vollends übereinstimmend mit der Zahl und Anordnung der Drähte in einer einzelnen (umflochtenen) Litze des „gangbaren" Seiles. Man kann aber Litzenspiralseile auch aus mehr als sechsdrähtigen Litzen, insbesondere aus 8, 9 und 10 drähtigen Litzen (die letzteren sehr biegsam), — und schliesslich auch aus umflochtenen (12, 18 etc. drähtigen) Litzen herstellen und hiemit „schön runde" vieldrähtige Seile (als Ersatz der sehr unrunden Kabelseile) erzielen. Hiervon folgt später das Weitere.

kehrte. Es erscheint sonach geradezu wunderbar, dass in „Ingeneering" 1883, Band 36 und sodann in „Dingler's Polytechn. Journal" 1884, Band 252, Drahtseile als eine Neuheit angeführt sind, welche „nach **Lang's** Vorschlage von G. Gradock & Comp. in Wakefield angefertigt werden und welche sich von den üblichen Drahtseilen dadurch unterscheiden, dass hiebei die Litzen in gleichem Sinne wie das Seil zugeschlagen werden, während man sonst dem Seile die entgegengesetzte Drehung der Litzen gibt." In der Weltausstellung Paris 1900 wurde von derselben Firma G. Gradock et Co. Wakefield, England, eine Brochüre ausgegeben, in welcher die Firmeninhaber sich als „Original manifactures and introducers of Lang's Patent Steel and Iron Wire Ropes" bezeichnen, und in deren Text ausserdem zu lesen ist: Lang's Patent Rope was first introduced and manifactured by us," etc.

Hienach wurde das am Harze ursprünglich schon 1834 aufgekommene und 1866 wieder aufgenommene Albert-Geflecht nach 1880 von Lang neuerdings erfunden und in England sogar patentiert!

Mit dem Albertgeflecht wird heutzutage auch auf dem Continente viel Wesens gemacht, während es andererseits gewiegte Practiker gibt, welche diese „Neuerung aus alter Zeit" als „kleinliche Modesache" gering schätzen.

Thatsächlich mag für gewisse Zwecke, insbesondere bei Dampfpflügen, bei der horizontalen Seilförderung und überhaupt dort, wo das Seil, auf ebener oder geneigter Bahn geschleppt, eine starke gleitende Reibung erleidet, der Albertschlag vermöge der dargebotenen grösseren Abnützungsfläche einen kleineren Seilverschleiss im Vergleiche mit dem Kreuzschlag bewirken; hingegen wird in zahlreichen andern Fällen, welche eine möglichst compacte Beschaffenheit des Seiles erheischen, der Kreuzschlag am Platze sein.

Wir werden indess dem Albertgeflecht in dem Schlussabschnitte, welcher das Verhalten der Drahtseile beim wirklichen Betriebe nach zahlreichen vorgenommenen Versuchen bespricht, noch einen besonderen Vortheil abgewinnen, darin bestehend, dass die Drahtseile nach Albertschlag zum mindesten als Förderseile bedeutend dehnsamer und hiemit auch biegsamer sind als solche nach Kreuzschlag.

Für die practische Herstellung, für die rechnungsmässige Beurtheilung und für so manche (wenn auch nicht für jede) practische

Anwendung ist aber die Frage, „ob Kreuz- ob Albertschlag?“, mehr oder weniger irrelevant.*)

Gekuppelte Flechtmaschinen.

Die Einlage oder Seele eines Geflechtes wird in die Mitte desselben durch die Höhlung der Flechtwelle von einer irgendwie placierten Spule geleitet. Wenn es sich jedoch um die Herstellung einer umflochtenen Litze oder eines Spiralseiles handelt, so kann man vortheilhafterweise zwei Flechtmaschinen mit einander verkuppeln, d. h. unmittelbar hinter einer completen Flechtmaschine in derselben Axe eine zweite aufstellen, welche das Kerngeflecht für die Hauptmaschine zu flechten hat. Diese Hilfsmaschine ist kleiner, z. B. zum Flechten eines sechsdrähtigen Kernes eingerichtet; bei derselben fehlt der Abnehmer und die Aufnahms-Trommel nebst dem zugehörigen Mechanismus; das von der Hilfsmaschine hergestellte Kerngeflecht geht von ihrem Flechtkopfe (in ganz kurzer Entfernung) unmittelbar in die Höhlung der Flechtwelle der Hauptmaschine, welche den (beispielsweise) sechsdrähtigen Kern mit zwölf gleich dicken Drähten umflicht und mittelst ihres Abnehmers nebst Zugehör die complete umflochtene Litze aus beiden Maschinen zugleich hervorzieht. Beide Maschinen werden von einer gemeinschaftlichen Transmissionswelle angetrieben und zwar die eine mittelst eines geradgespannten, die andere mittels eines gekreuzten Riemens, damit zwischen beiden Geflechten das beim Umflechten gebotene Princip des Kreuzschlages zur Geltung komme. In dieser Weise können behufs Herstellung einer zweimal umflochtenen Litze auch drei Maschinen gekuppelt d. h. axial hinter einander aufgestellt werden: die erste, kleinste flicht z. B. einen sechsdrähtigen Kern, die zweite, mittelgrosse, legt 12 Drähte um diesen Kern, die dritte, grösste, als

*) Wenn aber einzelne Firmen Abbildungen gebrauchter Seile verbreiten, in denen neben einem unversehrten Seile in Albertschlag das Seil in Kreuzschlag ganz zerfetzt erscheint, so ist dies gewiss eine Uebertreibung, möglicherweise darauf zurückzuführen, dass das abgebildete Seil in Albertschlag aus einem viel besseren Material hergestellt war, als jenes in Kreuzschlag. Kurz gesagt, es geht doch nicht an, den durch so lange Zeit fast ausschliesslich und mit gutem Erfolge in Anwendung gewesenen Kreuzschlag so ganz bedingungslos todtzusprechen! Ebenso erscheint es als ein Vorurtheil, den Albertschlag überhaupt zu verachten. „Est modus in rebus.“

Hauptmaschine umflicht das Ganze noch mit 18 Drähten und zieht zugleich die complete zweimal umflochtene (diesfalls 36 drähtige) Litze aus allen drei Flechtmaschinen heraus.*)

Herstellung verjüngter Seile.

Bei der bergmännischen Förderung aus sehr tiefen Schächten ist zur Vermeidung eines allzugrossen Eigengewichtes der Förderseile die Anwendung verjüngter Seile — an die Stäbe von gleicher absoluter Festigkeit, welche nach der cubischen Parabel profiliert sind, erinnernd — dringend geboten. Es wäre ein müssiges Bestreben, das Gesammtprofil (Längenprofil) eines solchen Seiles der cubischen Parabel selbst auch in den erreichbaren Grenzen genau anpassen zu wollen. — Thatsächlich und zweckentsprechend wird ein verjüngtes Seil in der Weise zustande gebracht, dass das unterste (dünnste) Seilstück cylindrisch und recht lang (z. B. 300 bis 400 m lang) aus einer berechneten Drahtzahl bei gewisser Drahtdicke hergestellt wird und dass die weiter nach oben folgenden dickeren Seilstücke ebenfalls cylindrisch und untereinander gleich lang (z. B. 200 m lang) gemacht werden.**)

Die Herstellung der (nach unten) verjüngten Drahtseile kann in zweierlei Weise geschehen:

erstens durch Abnahme der Drahtzahl bei durchaus gleicher Drahtdicke;

zweitens durch Abnahme der Drahtdicke bei durchaus gleicher Drahtzahl.

---

*) Von dieser Art ist die in der 6. Beilage abgebildete 18 spulige Litzenflechtmaschine, welche noch die Eigenthümlichkeit besitzt, dass die Bethätigung ihres Abnehmers nicht von ihr selbst, sondern von der axial benachbarten (12 spuligen) Hilfsmaschine (durch eine doppelte Gelenkkette) erfolgt; die in dieser Weise (am Bilde rechts) betriebene Zwischenwelle geht nahe am Boden des Maschinenlocals parallel zur Hauptwelle nach vorne (am Bilde nach links), wo sie eine Archimedische Rechts- und eine Links-Schraube trägt. Durch eine oder die andere dieser Schrauben wird der Mechanismus des Abnehmers bethätigt, hinter welchem am Bilde der Fabrikmeister (als Mass der Maschinengrösse) postiert ist.

**) Für die gleiche Zugfestigkeit in den obersten, sogen. „gefährlichen" Querschnitten der einzelnen Seilstücke wäre theoretisch eine allmählige Abnahme der Länge derselben noch oben erforderlich; von dieser Abnahme der Länge wird aus practischen und Zweckmässigkeitsgründen abgesehen, wie ich es an a. O. bereits wiederholt als sachgemäss nachgewiesen habe, und im Schluss-Kapitel hier noch nachweisen werde.

Die Abnahme in der ersten und in der zweiten Beziehung muss bereits bei der Herstellung der Litzen effectuiert werden.

Die erstgenannte Verjüngungsweise durch Abnahme der Drahtzahl ist weitaus weniger zweckmässig, als die zweitgenannte; denn da bei dem Flechten einer Litze der Flechtkopf nicht ausgewechselt werden kann, so wird z. B. eine anfänglich achtdrähtige Litze nach Abzwickung eines und des andern Drahtes aus einem ungehörigen Flechtkopf hervorgehen; die weiteren sieben und sechs Drähte der Litze werden nämlich einen für acht Drähte eingerichteten Flechtkopf zu passieren haben. Auch beim Zusammenflechten der Litzen zum Seile werden sich Unregelmässigkeiten ergeben. Jedenfalls ist aber die Herstellung verjüngter Seile durch Abnahme der Drahtzahl mehr oder weniger umständlich; für diese Herstellung sind ausserdem nur einzelne Seilconstructionen und zwar nicht gerade die besten geeignet.

Viel practischer und in jeder Beziehung (auch für die Seilberechnung) zweckmässiger geschieht die Anfertigung verjüngter Seile durch die Abnahme der Drahtdicke bei durchaus gleicher Drahtzahl. Diese Anfertigungsweise und der Förderungsbetrieb mit den Seilen dieser Art unterliegt nicht dem mindesten Anstande, wenn man dabei (auch bezüglich der Bemessung der Seiltrommeln und Scheiben) sachgemäss vorgeht.*)

Auch ist diese Verjüngungsweise für jede beliebige Seilconstruction ganz wohl geeignet; man hat sonach in dieser Beziehung die vollkommen freie Wahl.

Die Anfertigung der Seile mit abnehmender bezw. nach oben mit zunehmender Drahtdicke ist practisch von der Anfertigung der cylindrischen Seile eigentlich gar nicht verschieden. Bei dieser gewöhnlichen Arbeit und zwar bei der Herstellung der cylindrischen Litzen muss jedesmal, wenn der Draht von irgend einer einzelnen Spule zu Ende geht, die Flechtmaschine eingestellt und diese leere Spule gegen eine volle ausgewechselt werden. Dabei werden die

*) Bei dem Silber- und Bleibergbau in Přibram wird bereits seit einem Vierteljahrhundert aus zwei Tausendmeter-Schächten, gegenwärtig aber aus 5 Hauptschächten, welche die Tiefe von 1000 m zum Theile bereits ansehnlich überschritten haben, mit verjüngten Drahtseilen (aus Gussstahldraht von 180 kg/mm² Bruchfestigkeit) gefördert, welche nach der oben genannten zweiten Verjüngungsweise — mit abnehmender Drahtdicke bei durchaus gleicher Drahtzahl eines Seiles — hierselbst hergestellt werden, und die gewonnene reiche Erfahrung lässt diese Herstellungsweise als durchaus zweckmässig erscheinen. —

beiden Drahtenden mit einander in der Weise verbunden, dass man sie flachschlägt, aufeinander legt, mit einem dünnen Drahte aus einem löthenden Material (Messing oder Kupfer) um- und zusammenbindet, die Verbindungsstelle mittelst einer kleinen transportablen Schmiede (eventuell electrisch) erwärmt, im abgekühlten und hiemit zusammengelötheten Zustande nahezu rund zusammenhämmert, hienach wird der bei dieser Operation aus der Maschine hervorgezogene Draht (durch Drehen der neuen Spule) angespannt und die Flechtmaschine wieder angelassen.

In der ganz gleichen Weise geht man vor, um bei der Herstellung einer verjüngten Litze den Draht von gewisser Dicke mit dem Drahte der nächstfolgenden Dicke zu verbinden; nur wiederholt sich diese Manipulation regelmässig nach einer gewissen aus der Maschine hervorgekommenen Litzenlänge,*) welche selbstverständlich um ein Entsprechendes grösser ist, als die betreffende Seilstückelänge; diese letztere beträgt aber, wie bereits angedeutet, 200 oder 250 m oder dgl.**)

Die Verbindungsstellen der Drähte einer Litze vertheilt man je nach ihrer Anzahl auf etwa 10 bis höchstens 20 m der Litzenlänge.

In dieser Weise wird die Seilverjüngung durch Abnahme der Drahtdicke bereits beim Flechten der Litzen zustandegebracht. In der Regel passt hiebei die Aenderung der Drahtdicke um eine Nummer der Drahtskala und höchstens um zwei Nummern, d. h. um 0.1 bis höchstens um 0.2 mm, was sich bei der Seilberechnung von selbst ergibt.

Das Zusammenflechten („Zusammenschlagen") der verjüngten Litzen zu einem verjüngten Seile geschieht aber wie bei der Herstellung der cylindrischen Seile.

---

*) Die Messung der Litzen geschieht beim Flechten selbstthätig durch ein an die Flechtmaschine angekuppeltes Zählwerk, mit Hilfe einer leichten Frictionsscheibe von genau 1 m Umfang.

**) Für die Länge L eines Seilstückes beträgt die zugehörige Länge der Litzen $\frac{L}{\cos w}$, wenn w den Flechtwinkel der Litzen im Seile bezeichnet.

4. Kapitel.

Haupttabelle.

Summarischer Drahtquerschnitt

$$q = i\,\delta^2\,\frac{\pi}{4} \text{ in mm}^2.$$

Die Tabelle enthält die wichtigste aller einschlägigen Grössen (q) für alle Drahtzahlen i und für alle gangbaren Drahtdicken δ auf vier geltende Stellen genau.

Die Drahtdicken δ schreiten auf jeder Seite der Tabelle in gleicher Weise zunächst (bis $\delta = 2.6$ mm) nach Zehntelmillimetern (d. i. nach den Einheiten der metrischen Drahtscala) vor, weiterhin nach zwei und fünf Zehntel bis $\delta = 6$ mm. Für $\delta = 7 \ldots 8$ etc. mm hätte man $\delta = 0.7$, 0.8 etc. mm zu nehmen und das Decimalzeichen um 2 Stellen zu verrücken; ebenso wäre für $\delta = 0.5$, 0.4 etc. mm ins Auge zu fassen $\delta = 5.0$, 4.0 etc. mm. Für nicht vertretene Drahtdicken ist zu interpolieren, oder nach dem „Supplement" vorzugehen.

Die Drahtzahlen i (auf jeder Tabellenseite zwanzig) schreiten zunächst bis $i = 40$ (auf den ersten zwei Seiten) nach der Einheit vor; weiterhin sind bis $i = 100$ nur die geraden Drahtzahlen vorhanden und für die (seltener vorkommenden) ungeraden Drahtzahlen ist der additive Querschnitt für einen Draht auf jeder betreffenden Seite rechts in Kleindruck beigegeben. Für Drahtzahlen über 100 ist die letzte Seite der Tabelle mit in Gebrauch zu nehmen.

Die Tabellenwerthe gelten für jede Seilconstruction aus runden Drähten und man wird von denselben stets dann Gebrauch machen, wenn die Drahtzahl im Seile ohne Rücksicht auf die Seilconstruction inbetracht kommt.

Diese Haupttabelle zugleich mit der im 5. Kapitel erscheinenden Hilfstabelle (zur Bestimmung der Litzen- und Seildicke) bietet den Schlüssel zur Ermittlung aller Grössen, welche für irgend eine Seilconstruction massgebend sind, bezw. den Schlüssel zur Erledigung aller Seilconstructionen.

Die Anleitung zu dieser Erledigung ist in dem folgenden 5. Kapitel enthalten.

Im 6. Kapitel folgt sodann diese Erledigung selbst.

Dass „Supplement zur Haupttabelle" (S. 52) gibt den Drahtquerschnitt $\delta^2\frac{\pi}{4}$ für jede Drahtdicke δ, und zugleich den Seilquerschnitt $d^2\frac{\pi}{4}$ für jede Seildicke d.

$i=$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	Draht-No.
$\delta=0{,}6$	0,283	0,565	0,848	1,131	1,414	1,696	1,979	2,262	2,545	2,827	3,110	3,393	3,676	3,958	4.241	4,524	4,807	5,089	5,372	5,655	6
0,7	0,385	0,770	1,155	1,539	1,924	2,309	2,694	3,079	3,464	3,848	4,233	4,618	5,003	5,388	5,773	6,158	6,542	6,927	7,312	7,697	7
0.8	0,503	1,005	1,508	2,011	2,513	3,016	3,519	4,021	4,524	5,027	5,529	6,032	6,534	7,037	7,540	8,042	8,545	9,048	9,550	10,05	8
0,9	0,636	1,272	1,909	2,545	3,181	3,817	4,453	5,089	5,726	6,362	6,998	7,634	8,270	8,906	9,543	10,18	10,82	11,45	12,09	12,72	9
$\delta=1{,}0$	0,785	1,571	2,356	3,142	3,927	4,712	5,498	6,283	7,069	7,854	8,639	9,425	10,21	11,00	11,78	12,57	13,35	14,14	14,92	15,71	10
1.1	0,950	1,901	2,851	3,801	4,752	5,702	6,652	7,603	8,553	9,503	10,45	11,40	12,35	13,30	14,25	15,20	16,15	17,10	18,05	19,01	11
1,2	1,131	2,262	3,393	4,524	5,655	6,786	7,917	9,048	10,18	11,31	12,44	13,57	14,70	15,83	16,96	18,10	19,23	20,36	21,49	22,62	12
1,3	1,327	2,655	3,982	5,309	6.637	7,964	9,291	10,62	11,95	13,27	14,60	15,93	17,25	18,58	19,91	21.23	22,56	23,89	25,22	26,55	13
1,4	1,539	3,079	4,618	6,158	7,697	9,236	10,78	12,32	13,85	15,39	16,93	18,47	20 01	21,55	23,09	24.63	26,17	27,71	29,25	30,79	14
$\delta=1{,}5$	1,767	3,534	5,301	7,069	8,836	10,60	12,37	14,14	15,90	17,67	19,44	21,20	22,97	24,74	26.51	28,27	30,04	31,81	33,57	35,34	15
1,6	2,011	4,021	6,032	8,042	10,05	12,06	14,07	16,08	18,10	20,11	22,12	24,13	26,14	28,15	30,16	32,17	34,18	36,19	38.20	40,21	16
1,7	2,270	4,540	6,809	9,079	11.35	13,62	15,89	18,16	20,43	22,70	24,97	27,24	29.51	31,78	34,05	36,32	38.59	40,86	43.13	45,40	17
1,8	2,545	5,089	7,634	10,18	12,72	15,27	17,81	20.36	22,90	25,45	27,99	30,54	33,08	35,63	38,17	40,72	43,26	45.81	48,35	50,89	18
1,9	2,835	5,671	8,506	11,34	14,18	17,01	19,85	22,68	25,52	28.35	31,19	34,02	36,86	39,69	42,53	45,36	48,20	51,03	53,87	56,71	19
$\delta=2{,}0$	3,142	6,283	9,425	12.57	15,71	18,85	21,99	25,13	28,27	31,42	34.56	37.70	40,84	43,98	47,12	50,26	53,41	56,55	59,69	62,83	20
2,1	3,464	6,927	10,39	13,85	17,32	20,78	24,25	27 71	31,17	34,64	38,10	41,56	45,03	48,49	51,95	55,42	58,88	62,34	65.81	69,27	21
2,2	3,801	7.603	11,40	15,21	19,01	22,81	26,61	30,41	34,21	38,01	41.81	45,61	49,42	53 22	57,02	60,82	64,62	68,42	72.22	76,03	22
2,3	4,155	8,309	12,46	16,62	20.77	24,93	29,08	33,24	37,39	41,55	45,70	49,86	54,01	58,17	62,32	66,48	70,63	74,79	78,94	83,09	23
2,4	4,524	9,048	13,57	18,10	22,62	27,14	31,67	36,19	40,71	45,24	49,76	54,29	58,81	63,33	67,86	72,38	76,91	81,43	85,95	90,48	24
$\delta=2{,}5$	4,909	9,817	14,73	19,63	24,54	29,45	34,36	39,27	44,18	49,09	54,00	58,90	63,81	68,72	73,63	78,54	83,45	88,36	93,27	98,17	25
2,6	5,309	10,62	15,93	21,24	26,55	31,86	37,16	42,47	47,78	53,09	58,40	63,71	69,02	74,33	79,64	84,95	90,26	95,56	100,9	106,2	26
2,8	6,157	12,31	18,47	24,63	30,79	36,95	43,10	49,26	55,42	61,58	67,73	73,89	80,05	86,20	92,36	98,52	104,7	110,8	117,0	123,1	28
$\delta=3{,}0$	7,069	14,14	21,21	28,27	35,34	42,41	49,48	56,55	63,62	70,69	77,75	84,82	91,89	98,96	106,0	113,1	120,2	127,2	134,3	141,4	30
3,2	8,043	16,09	24,13	32,17	40,21	48,26	56,30	64,34	72,38	80,43	88,46	96,51	104,5	112,6	120,6	128,7	136,7	144,8	152,8	160,9	32
3,4	9.079	18,16	27,24	36,32	45,40	54,48	63,55	72,63	81,71	90,79	99,87	109,0	118,0	127,1	136,2	145,3	154,3	163,4	172,5	181,6	34
3,6	10.18	20,36	30,54	40,72	50,89	61,07	71,25	81,43	91,61	101,8	112,0	122,1	132,3	142,5	152,7	162,9	173,0	183,2	193,4	203,6	36
3,8	11,34	22,68	34,02	45,36	56,71	68,05	79,39	90,73	102,1	113,4	124,8	136,1	147,4	158,8	170,1	181,5	192,8	204,1	215,5	226,8	38
$\delta=4{,}0$	12,57	25,13	37,70	50,27	62,83	75,40	87,96	100,5	113,1	125,7	138,2	150,8	163,4	175,9	188,5	201,1	213,6	226,2	238,8	251,3	40
4,5	15,90	31,81	47,71	63,62	79,52	95,43	111,3	127,2	143,1	159,0	174,9	190,8	206,8	222,7	238,6	254,5	270,4	286,3	302,2	318,1	45
5,0	19,63	39,27	58,90	78,54	98,17	117,8	137,4	157,1	176,7	196,3	216,0	235,6	255,3	274,9	294,5	314,2	333,8	353,4	373,1	392,7	50
5,5	23,76	47,52	71,27	95,03	118,8	142,5	166,3	190,1	213,8	237,6	261,3	285,1	308,9	332,6	356,4	380,1	403,9	427,7	451,4	475,2	55
$\delta=6{,}0$	28,27	56,55	84,82	113,1	141,4	169,6	197,9	226,2	254,5	282,7	311,0	339,3	367,6	395,8	424,1	452,4	480,7	508,9	537,2	565,5	60

$i =$	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	Draht-No.
$\delta = 0{,}6$	5,938	6,220	6,503	6,786	7,069	7,351	7,634	7,917	8,200	8,482	8,765	9,048	9,330	9,613	9,896	10,18	10,46	10,74	11,03	11,31	6
0,7	8,082	8,467	8,851	9,236	9,621	10,01	10,39	10,78	11,16	11,55	11,93	12,31	12,70	13,08	13,47	13,85	14,24	14,62	15,01	15,39	7
0,8	10,56	11,06	11,56	12,06	12,57	13,07	13,57	14,08	14,58	15,08	15,58	16,09	16,59	17,09	17,59	18,10	18,60	19,10	19,61	20,11	8
0,9	13,36	13,99	14,63	15,27	15,90	16,54	17,17	17,81	18,45	19,08	19,72	20,36	20,99	21,63	22,26	22,90	23,54	24,17	24,81	25,44	9
$\delta = 1{,}0$	16,49	17,28	18,06	18,85	19,64	20,42	21,21	21,99	22,78	23,56	24,35	25,13	25,92	26,70	27,49	28,27	29,06	29,85	30,63	31,42	10
1,1	19,96	20,91	21,86	22,81	23,76	24,71	25,66	26,61	27,56	28,51	29,46	30,41	31,36	32,31	33,26	34,21	35,16	36,11	37,06	38,01	11
1,2	23,75	24,88	26,01	27,14	28,27	29,40	30,54	31,67	32,80	33,93	35,06	36,19	37,32	38,45	39,58	40,71	41,85	42,98	44,11	45,24	12
1,3	27,87	29,20	30,53	31,85	33,18	34,51	35,83	37,16	38,49	39,82	41,15	42,47	43,80	45,13	46,45	47,78	49,11	50,43	51,76	53,09	13
1,4	32,33	33,87	35,41	36,95	38,49	40,02	41,56	43,10	44,64	46,18	47,72	49,26	50,80	52,34	53,88	55,42	56,96	58,50	60,04	61,58	14
$\delta = 1{,}5$	37,11	38,88	40,64	42,41	44,18	45,94	47,71	49,48	51.25	53,01	54,78	56,55	58,31	60,08	61,85	63,62	65,38	67,15	68,92	70,69	15
1,6	42 22	44,23	46,24	48,25	50,26	52,27	54,29	56,30	58,31	60,32	62,33	64,34	66,35	68,36	70,37	72,38	74,39	76,40	78,41	80,42	16
1,7	47,67	49,94	52,21	54,48	56,75	59,02	61,29	63,56	65,83	68,09	70,36	72,64	74,90	77,17	79,44	81,71	83,98	86,25	88,52	90,79	17
1,8	53,44	55,98	58,53	61,07	63,62	66,16	68,71	71,25	73,80	76,34	78,89	81,43	83,98	86,52	89,07	91,61	94,16	96,70	99,25	101,8	18
1,9	59,54	62,38	65,21	68,05	70,88	73,72	76,55	79,39	82,22	85,06	87,89	90,73	93,56	96,40	99,23	102,1	104,9	107,7	110,6	113,4	19
$\delta = 2{,}0$	65,97	69,11	72,26	75,40	78,54	81,68	84,82	87,96	91,11	94,25	97,39	100,5	103,7	106,8	109,9	113,1	116,2	119,4	122,5	125,7	20
2,1	72,74	76,20	79,66	83,13	86,59	90,05	93,52	96,98	100,4	103,9	107,4	110,8	114,3	117,7	121,2	124,7	128,1	131,6	135,0	138,5	21
2,2	79,83	83,63	87,43	91,23	95,03	98,83	102,6	106,4	110,2	114,0	117,8	121,6	125,4	129,2	133,0	136,8	140,6	144,4	148,2	152,0	22
2,3	87,25	91,40	95,56	99,71	103,9	108,0	112,2	116,3	120,5	124,6	128,8	132,9	137,1	141,3	145,4	149,6	153,7	157,9	162,0	166,2	23
2,4	95,00	99,52	104,0	108,6	113,1	117,6	122,1	126,7	131,2	135,7	140,2	144,8	149,3	153,8	158,3	162,8	167,4	171,9	176,4	181,0	24
$\delta = 2{,}5$	103,1	108,0	112,9	117,8	122,7	127,6	132,5	137,4	142,4	147,3	152,2	157,1	162,0	166,9	171,8	176,7	181,6	186,5	191,4	196,4	25
2,6	111,5	116,8	122,1	127,4	132,7	138,0	143,4	148,7	154,0	159,3	164,6	169,9	175,2	180,5	185,8	191,1	196,4	201,8	207,1	212,4	26
2,8	129,3	135,5	141,6	147,8	153,9	160,1	166,3	172,4	178,6	184,7	190,9	197,0	203,2	209,4	215,5	221,7	227,8	234,0	240,2	246,3	28
$\delta = 3{,}0$	148,4	155,5	162,6	169,6	176,7	183,8	190,9	197,9	205,0	212,1	219,1	226,2	233,3	240,3	247,4	254,5	261,5	268,6	275,7	282,7	30
3,2	168,9	176,9	185,0	193,0	201,1	209,1	217,1	225,2	233,2	241,3	249,3	257,4	265,4	273,4	281,5	289,5	297,6	305,6	313,6	321,7	32
3,4	190,7	199,7	208,8	217,9	227,0	236,1	245,1	254,2	263,3	272,4	281,5	290,5	299,6	308,7	317,8	326,9	335,9	345,0	354,1	363,2	34
3,6	213,8	223,9	234.1	244,3	254,5	264,7	274,8	285,0	295,2	305,4	315,5	325,7	335,9	346,1	356,3	366,4	376,6	386,8	397,0	407,2	36
3,8	238,2	249,5	260,8	272,2	283,5	294,9	306,2	317,5	328,9	340,2	351,6	362,9	374,3	385,6	396,9	408,3	419,6	431,0	442,3	453 6	38
$\delta = 4{,}0$	263,9	276,5	289,0	301,6	314,2	326,7	339,3	351,8	364,4	377,0	389,6	402,1	414,7	427,3	439,8	452,4	465,0	477,5	490,1	502,7	40
4,5	334,0	349,9	365,8	381,7	397,6	413,5	429,4	445,4	461,2	477,1	493,0	508,9	524,8	540,7	556,7	572,6	588,5	604,4	620,3	636,2	45
5,0	412,3	432,0	451,6	471,2	490,9	510,5	530,1	549,8	569,4	589,0	608,7	628,3	648,0	667,6	687,2	706,9	726,5	746,1	765,8	785,4	50
5,5	498,9	522,7	546,4	570,2	594,0	617,7	641,5	665,2	689,0	712,7	736,5	760,3	784,0	807,8	831,5	855,3	879,1	902,8	926,6	950,3	55
$\delta = 6{,}0$	593,8	622,0	650,3	678,6	706,9	735,1	763,4	791,7	820,0	848,2	876,5	904,8	933,0	961,3	989,6	1018	1046	1074	1103	1131	60

$i =$	42	44	46	48	50	52	54	56	58	60	62	64	66	68	70	72	74	76	78	80	Draht-No.	für 1 Draht
$\delta = 0{,}6$	11,87	12,44	13,01	13,57	14,14	14,70	15,27	15,83	16,40	16,96	17,53	18,10	18,66	19,23	19,79	20,36	20,92	21,49	22,05	22,62	**6**	0,28
0,7	16,16	16,93	17,70	18,47	19,24	20,01	20,78	21,55	22,32	23,09	23,86	24,63	25,40	26,17	26,94	27,71	28,48	29,25	30,02	30,79	**7**	0,38
0,8	21,11	22,12	23,12	24,13	25,13	26,14	27,14	28,15	29,15	30,16	31,16	32,17	33,17	34,18	35,18	36,19	37,19	38,20	39,20	40,21	**8**	0,50
0,9	26,72	27,99	29,26	30,53	31,81	33,08	34,35	35,62	36,89	38,17	39,44	40,71	41,99	43,26	44,53	45,80	47,07	48,35	49,62	50,89	**9**	0,64
$\delta = 1{,}0$	32,99	34,56	36,13	37,70	39,27	40,84	42,41	43,98	45,55	47,12	48,69	50,26	51,83	53,40	54,98	56,55	58,12	59,69	61,26	62,83	**10**	0,79
1,1	39,91	41,81	43,71	45,61	47,52	49,42	51,32	53,22	55,12	57,02	58,92	60,82	62,72	64,62	66,52	68,42	70,32	72,22	74,12	76,03	**11**	0,95
1,2	47,50	49,76	52,02	54,28	56,55	58,81	61,07	63,33	65,59	67,86	70,12	72,38	74,64	76,90	79,17	81,43	83,69	85,95	88,22	90,48	**12**	1,13
1,3	55,73	58,39	61,04	63,70	66,37	69,02	71,67	74,33	76,98	79,64	82,29	84,95	87,60	90,26	92,91	95,57	98,22	100,9	103,5	106,2	**13**	1,33
1,4	64,66	67,74	70,82	73,90	76,97	80,05	83,13	86,21	89,28	92,36	95,44	98,52	101,6	104,7	107,8	110,8	113,9	117,0	120,1	123,2	**14**	1,54
$\delta = 1{,}5$	74,22	77,76	81,29	84,83	88,36	91,90	95,43	98,97	102,5	106,0	109,6	113,1	116,6	120,2	123,7	127,2	130,8	134,3	137,8	141,4	**15**	1,77
1,6	84,44	88,46	92,48	96,50	100,5	104,5	108,6	112,6	116,6	120,6	124,7	128,7	132,7	136,7	140,7	144,8	148,8	152,8	156,8	160,8	**16**	2,01
1,7	95,33	99,87	104,4	108,9	113,5	118,0	122,6	127,1	131,6	136,2	140,7	145,3	149,8	154,3	158,9	163,4	168,0	172,5	177,0	181,6	**17**	2,27
1,8	106,9	112,0	117,1	122,1	127,2	132,3	137,4	142,5	147,6	152,7	157,8	162,9	167,9	173,0	178,1	183,2	188,3	193,4	198,5	203,6	**18**	2,5
1,9	119,1	124,7	130,4	136,1	141,8	147,4	153,1	158,8	164,4	170,1	175,8	181,5	187,1	192,8	198,5	204,1	209,8	215,5	221,1	226,8	**19**	2,8
$\delta = 2{,}0$	131,9	138,2	144,5	150,8	157,1	163,3	169,6	175,9	182,2	188,5	194,8	201,1	207,3	213,6	219,9	226,2	232,5	238,7	245,0	251,3	**20**	3,1
2,1	145,5	152,4	159,3	166,3	173,2	180,1	187,0	193,9	200,9	207,8	214,7	221,7	228,6	235,5	242,5	249,4	256,3	263,3	270,2	277,1	**21**	3,5
2,2	159,6	167,2	174,8	182,4	190,0	197,6	205,2	212,8	220,4	228,1	235,7	243,3	250,9	258,5	266,1	273,7	281,3	288,9	296,5	304,1	**22**	3,8
2,3	174,5	182,8	191,1	199,4	207,7	216,0	224,4	232,7	241,0	249,3	257,6	265,9	274,2	282,5	290,8	299,1	307,5	315,8	324,1	332,4	**23**	4,2
2,4	190,0	199,1	208,1	217,2	226,2	235,3	244,3	253,4	262,4	271,4	280,5	289,5	298,6	307,6	316,7	325,7	334,8	343,8	352,9	361,9	**24**	4,5
$\delta = 2{,}5$	206,2	216,0	225,8	235,6	245,4	255,3	265,1	274,9	284,7	294,5	304,3	314,2	324,0	333,8	343,6	353,4	363,3	373,1	382,9	392,7	**25**	4,9
2,6	223,0	233,6	244,2	254,8	265,5	276,1	286,7	297,3	307,9	318,6	329,2	339,8	350,4	361,0	371,6	382,2	392,9	403,5	414,1	424,7	**26**	5,3
2,8	258,6	270,9	283,2	295,5	307,9	320,2	332,5	344,8	357,2	369,5	381,8	394,1	406,4	418,7	431,0	443,3	455,7	468,0	480,3	492,6	**28**	6,2
$\delta = 3{,}0$	296,8	311,0	325,1	339,3	353,4	367,6	381,7	395,9	410,0	424,1	438,3	452,4	466,6	480,7	494,8	508,9	523,1	537,2	551,4	565,5	**30**	7,1
3,2	337,8	353,9	370,0	386,0	402,1	418,2	434,3	450,4	466,5	482,6	498,6	514,7	530,8	546,9	563,0	579,1	595,1	611,2	627,3	643,4	**32**	8,0
3,4	381,3	399,5	417,6	435,8	454,0	472,1	490,3	508,4	526,6	544,8	562,9	581,1	599,2	617,4	635,5	653,7	671,9	690,0	708,2	726,3	**34**	9,1
3,6	427,5	447,9	468,2	488,6	508,9	529,3	549,7	570,0	590,4	610,7	631,1	651,5	671,8	692,2	712,5	732,9	753,3	773,6	794,0	814,3	**36**	10,2
3,8	476,3	499,0	521,7	544,4	567,0	589,7	612,4	635,1	657,8	680,5	703,2	725,8	748,5	771,2	793,9	816,6	839,2	861,9	884,6	907,3	**38**	11,3
$\delta = 4{,}0$	527,8	552,9	578,0	603,2	628,3	653,4	678,5	703,6	728,8	754,0	779,1	804,2	829,3	854,5	879,6	904,7	929,9	955,0	980,1	1005	**40**	12,6
4,5	668,0	699,8	731,6	763,4	795,2	827,0	858,8	890,6	922,4	954,2	986,0	1018	1050	1081	1113	1145	1177	1209	1240	1272	**45**	15,9
5,0	824,7	864,0	903,4	942,6	981,8	1021	1060	1100	1139	1178	1217	1257	1296	1335	1375	1414	1453	1492	1532	1571	**50**	19,5
5,5	997,8	1045	1093	1140	1188	1235	1283	1330	1378	1425	1473	1520	1568	1615	1663	1710	1758	1805	1853	1901	**55**	23,8
$\delta = 6{,}0$	1187	1244	1301	1357	1414	1470	1527	1583	1640	1696	1753	1810	1866	1923	1979	2036	2092	2149	2205	2262	**60**	28,3

$i =$	82	84	86	88	90	92	94	96	98	100	für 1 Draht	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	Draht-No.
$\delta = 0{,}6$	23,18	23,75	24,32	24,88	25,45	26,01	26,58	27,14	27,71	28,27	0,28	56,55	84,82	113,1	141,4	169,6	197,9	226,2	254,5	282,7	**6**
0,7	31,56	32,33	33,10	33,87	34,64	35,41	36,18	36,95	37,72	38,48	0,38	76,97	115,5	153,9	192,4	230,9	269,4	307,9	346,4	384,8	**7**
0,8	41,22	42,22	43,23	44,23	45,24	46,24	47,25	48,25	49,26	50,26	0,50	100,5	150,8	201,1	251,3	301,6	351,9	402,1	452,4	502,6	**8**
0,9	52,16	53,44	54,71	55,98	57,25	58,52	59,80	61,07	62,34	63,62	0,64	127,2	190,8	254,5	318,1	381,7	445,3	508,9	572,6	636,2	**9**
$\delta = 1{,}0$	64,40	65,97	67,54	69,11	70,69	72,26	73,83	75,40	76,97	78,54	0,79	157,1	235,6	314,2	392,7	471,2	549,8	628,3	706,9	785,4	**10**
1,1	77,93	79,83	81,73	83,63	85,53	87,43	89,33	91,23	93,13	95,03	0,95	190,1	285,1	380,1	475,2	570,2	665,2	760,3	855,3	950,3	**11**
1,2	92,74	95,00	97,26	99,52	101,8	104,0	106,3	108,6	110,8	113,1	1,13	226,2	339,3	452,4	565,5	678,6	791,7	904,8	1018	1131	**12**
1,3	108,8	111,5	114,1	116,8	119,5	122,1	124,8	127,4	130,1	132,7	1,3	265,5	398,2	530,9	663,7	796,4	929,1	1062	1195	1327	**13**
1,4	126,2	129,3	132,4	135,5	138,5	141,6	144,7	147,8	150,9	153,9	1,5	307,9	461,8	615,8	769,7	923,6	1078	1232	1385	1539	**14**
$\delta = 1{,}5$	144,9	148,4	152,0	155,5	159,0	162,6	166,1	169,6	173,2	176,7	1,8	353,4	530,1	706,9	883,6	1060	1237	1414	1590	1767	**15**
1,6	164,9	168,9	172,9	176,9	180,9	185,0	189,0	193,0	197,0	201,1	2,0	402,1	603,2	804,2	1005	1206	1407	1608	1809	2011	**16**
1,7	186,1	190,7	195,2	199,7	204,3	208,8	213,4	217,9	222,4	227,0	2,3	454,0	681,0	907,9	1135	1362	1589	1816	2042	2270	**17**
1,8	208,7	213,8	218,8	223,9	229,0	234,1	239,2	244,3	249,4	254,5	2,5	508,9	763,4	1018	1272	1527	1781	2036	2290	2545	**18**
1,9	232,5	238,2	243,8	249,5	255,2	260,8	266,5	272,2	277,8	283,5	2,8	567,1	850,6	1134	1418	1701	1985	2268	2552	2835	**19**
$\delta = 2{,}0$	257,6	263,9	270,2	276,4	282,7	289,0	295,3	301,6	307,8	314,2	3,1	628,3	942,4	1257	1571	1885	2199	2513	2827	3142	**20**
2,1	284,0	290,9	297,9	304,8	311,7	318,7	325,6	332,5	339,5	346,4	3,5	692,7	1039	1385	1732	2078	2425	2771	3117	3464	**21**
2,2	311,7	319,3	326,9	334,5	342,1	349,7	357,3	364,9	372,5	380,1	3,8	760,3	1140	1520	1901	2281	2661	3041	3421	3801	**22**
2,3	340,7	349,0	357,3	365,6	373,9	382,2	390,5	398,9	407,2	415,5	4,2	831,0	1246	1662	2077	2493	2908	3324	3739	4155	**23**
2,4	371,0	380,0	389,1	398,1	407,2	416,2	425,3	434,3	443,4	452,4	4,5	904,8	1357	1810	2262	2714	3167	3619	4072	4524	**24**
$\delta = 2{,}5$	402,5	412,3	422,2	432,0	441,8	451,6	461,4	471,3	481,1	490,9	4,9	981,8	1473	1963	2454	2945	3436	3927	4418	4909	**25**
2,6	435,3	445,9	456,6	467,2	477,8	488,4	499,0	509,6	520,3	530,9	5,3	1062	1593	2124	2655	3186	3716	4247	4778	5309	**26**
2,8	504,9	517,2	529,5	541,9	554,2	566,5	578,8	591,1	603,4	615,7	6,2	1231	1847	2463	3079	3695	4310	4926	5542	6157	**28**
$\delta = 3{,}0$	579,6	593,8	607,9	622,1	636,2	650,4	664,4	678,6	692,7	706,9	7,1	1414	2121	2828	3534	4241	4948	5655	6362	7069	**30**
3,2	659,5	675,6	691,7	707,7	723,8	739,9	756,0	772,1	788,2	804,3	8,0	1609	2413	3217	4021	4826	5630	6434	7238	8043	**32**
3,4	744,5	762,7	780,8	799,0	817,1	835,3	853,5	871,6	889,8	907,9	9,1	1816	2724	3632	4540	5448	6355	7263	8171	9079	**34**
3,6	834,7	855,0	875,4	895,7	916,1	936,5	956,8	977,2	997,5	1018	10,2	2036	3054	4072	5089	6107	7125	8143	9161	10179	**36**
3,8	930,0	952,7	975,3	998,0	1021	1043	1066	1089	1111	1134	11,3	2268	3402	4536	5671	6805	7939	9073	10207	11341	**38**
$\delta = 4{,}0$	1030	1055	1081	1106	1131	1156	1181	1206	1231	1256	13	2513	3770	5027	6283	7540	8796	10053	11310	12566	**40**
4,5	1304	1336	1368	1399	1431	1463	1495	1527	1558	1590	16	3181	4771	6362	7952	9543	11133	12723	14314	15904	**45**
5,0	1610	1649	1689	1728	1767	1807	1846	1885	1924	1964	20	3927	5891	7854	9818	11781	13744	15708	17671	19635	**50**
5,5	1948	1996	2043	2091	2138	2186	2233	2281	2328	2376	24	4752	7127	9503	11879	14255	16631	19007	21382	23758	**55**
$\delta = 6{,}0$	2318	2375	2432	2488	2545	2601	2658	2714	2771	2827	28	5655	8482	11310	14137	16965	19792	22619	25447	28274	**60**

Supplement zur Haupttabelle.

Drahtquerschnitt $\delta^2 \frac{\pi}{4}$ für alle Drahtdicken δ.

(Zugleich 4 stellige Kreisflächentabelle.)

δ	0,00	0,02	0,04	0,05	0,06	0,08
1,0	0,7854	0,8171	0,8495	0,8659	0,8825	0,9161
1,1	0,9503	0,9852	1,021	1,039	1,057	1,094
1,2	1,131	1,169	1,208	1,227	1,247	1,287
1,3	1,327	1,368	1,410	1,431	1,453	1,496
1,4	1,539	1,584	1,629	1,651	1,674	1,720
1,5	1,767	1,815	1,863	1,887	1,911	1,961
1,6	2,011	2,061	2,112	2,138	2,164	2,217
1,7	2,270	2,324	2,378	2,405	2,433	2,488
1,8	2,545	2,602	2,659	2,688	2,717	2,776
1,9	2,835	2,895	2,956	2,986	3,017	3,079
2,0	3,142	3,205	3,269	3,301	3,333	3,398
2,1	3,464	3,530	3,597	3,631	3,664	3,733
2,2	3,801	3,871	3,941	3,976	4,011	4,083
2,3	4,155	4,227	4,301	4,337	4,374	4,449
2,4	4,524	4,600	4,676	4,714	4,753	4,831
2,5	4,909	4,989	5,067	5,107	5,147	5,228
2,6	5,309	5,391	5,474	5,515	5,557	5,641
2,7	5,726	5,811	5,896	5,940	5,983	6,070
2,8	6,158	6,246	6,335	6,379	6,424	6,514
2,9	6,605	6,697	6,789	6,835	6,881	6,975
3,0	7,069	7,163	7,258	7,306	7,354	7,451
3,1	7,548	7,645	7,744	7,793	7,843	7,942
3,2	8,042	8,143	8,245	8,296	8,347	8,450
3,3	8,553	8,657	8,762	8,814	8,867	8,973
3,4	9,079	9,186	9,294	9,348	9,402	9,511
3,5	9,621	9,731	9,842	9,898	9,954	10,07
3,6	10,18	10,29	10,41	10,46	10,52	10,64
3,7	10,75	10,87	10,99	11,04	11,10	11,22
3,8	11,34	11,46	11,58	11,64	11,70	11,82
3,9	11,95	12,07	12,19	12,25	12,32	12,44
4,0	12,56	12,69	12,82	12,88	12,95	13,07
4,1	13,20	13,33	13,46	13,53	13,59	13,72
4,2	13,85	13,99	14,12	14,19	14,25	14,39
4,3	14,52	14,66	14,79	14,86	14,93	15,07
4,4	15,21	15,34	15,48	15,55	15,62	15,76
4,5	15,90	16,05	16,19	16,26	16,33	16,47
4,6	16,62	16,76	16,91	16,98	17,06	17,20
4,7	17,35	17,50	17,65	17,72	17,80	17,95
4,8	18,10	18,25	18,40	18,47	18,55	18,70
4,9	18,86	19,01	19,17	19,24	19,32	19,48
5,0	19,63	19,79	19,95	20,03	20,11	20,27
5,1	20,43	20,59	20,75	20,83	20,91	21,07
5,2	21,24	21,40	21,57	21,65	21,73	21,90
5,3	22,06	22,23	22,40	22,48	22,56	22,73
5,4	22,90	23,07	23,24	23,33	23,41	23,59
5,5	23,76	.	.	.	.	.

δ	0,00	0,02	0,04	0,05	0,06	0,08
5,5	23,76	23,93	24,11	24,19	24,28	24,45
5,6	24,63	24,81	24,98	25,07	25,16	25,34
5,7	25,52	25,70	25,88	25,97	26,06	26,24
5,8	26,42	26,60	26,79	26,88	26,97	27,15
5,9	27,34	27,53	27,71	27,81	27,90	28,09
6,0	28,27	28,46	28,65	28,75	28,84	29,03
6,1	29,22	29,42	29,61	29,71	29,80	30,00
6,2	30,19	30,39	30,58	30,68	30,78	30,97
6,3	31,17	31,37	31,57	31,67	31,78	31,97
6,4	32,17	32,37	32,58	32,67	32,78	32,98
6,5	33,18	33,39	33,59	33,70	33,80	34,00
6,6	34,21	34,42	34,63	34,73	34,84	35,05
6,7	35,26	35,47	35,68	35,78	35,89	36,10
6,8	36,32	36,53	36,75	36,85	36,96	37,18
6,9	37,39	37,61	37,83	37,94	38,05	38,26
7,0	38,48	38,70	38,93	39,04	39,15	39,37
7,1	39,59	39,82	40,04	40,15	40,26	40,49
7,2	40,72	40,94	41,17	41,28	41,40	41,62
7,3	41,85	42,08	42,31	42,43	42,54	42,78
7,4	43,01	43,24	43,47	43,59	43,71	43,94
7,5	44,18	44,41	44,65	44,77	44,89	45,13
7,6	45,36	45,60	45,84	45,96	46,08	46,32
7,7	46,57	46,81	47,05	47,17	47,29	47,54
7,8	47,78	48,03	48,27	48,40	48,52	48,77
7,9	49,02	49,27	49,51	49,64	49,76	50,01
8,0	50,27	50,52	50,77	50,90	51,02	51,28
8,1	51,53	51,78	52,04	52,17	52,30	52,55
8,2	52,81	53,07	53,33	53,46	53,59	53,85
8,3	54,11	54,37	54,63	54,76	54,89	55,15
8,4	55,42	55,68	55,95	56,08	56,21	56,48
8,5	56,75	57,01	57,28	57,41	57,55	57,82
8,6	58,09	58,36	58,63	58,77	58,90	59,17
8,7	59,45	59,72	59,99	60,13	60,27	60,55
8,8	60,82	61,10	61,38	61,51	61,65	61,93
8,9	62,21	62,49	62,77	62,91	63,05	63,33
9,0	63,62	63,90	64,18	64,33	64,47	64,75
9,1	65,04	65,33	65,61	65,76	65,90	66,18
9,2	66,48	66,77	67,06	67,20	67,35	67,64
9,3	67,93	68,22	68,51	68,66	68,81	69,10
9,4	69,40	69,69	69,99	70,14	70,29	70,58
9,5	70,88	71,18	71,48	71,63	71,78	72,08
9,6	72,38	72,68	72,99	73,14	73,29	73,59
9,7	73,90	74,20	74,51	74,66	74,82	75,12
9,8	75,43	75,74	76,05	76,20	76,36	76,67
9,9	76,98	77,29	77,60	77,76	77,91	78,23
10,0	78,54	.	.	.	.	.

Für $\delta < 1{,}00$ nehme man $\delta < 10{,}0$ und versetze das Decim.-Zeichen um 2 Stellen; z. B. für $\delta = 0{,}952$ ist $\delta^2 \frac{\pi}{4} = 0{,}7118$ etc. — Diese Tabelle kann auch zur Bestimmung des Seilquerschnittes $d^2 \frac{\pi}{4}$ aus der Seildicke d benützt werden.

5. Kapitel.

Bestimmung der Seildicke und anderer Grössen, welche die Seilconstructionen betreffen.

Die Dicke eines normalen, zweimal geflochtenen Rundseiles, welches aus i Drähten von der Dicke δ besteht, kann annähernd mittelst der (von Prof. Rziha) herrührenden Formel bestimmt werden:

$$d = 1{,}5\,\delta\sqrt{i} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \alpha)$$

Diese Formel beruht auf der Annahme, dass der Totalquerschnitt $d^2\frac{\pi}{4}$ eines solchen Seiles beiläufig 2 mal, genauer 2,25 mal so gross ist, als der summarische Drahtquerschnitt $i\,\delta^2\frac{\pi}{4}$, dass also

$$d^2\frac{\pi}{4} = 2{,}25\,i\,\delta^2\frac{\pi}{4}$$

Für ein 3 mal geflochtenes Seil (Kabelseil) ist in analoger Weise annähernd

$$d^2\frac{\pi}{4} = 4\,i\,\delta^2\frac{\pi}{4}$$

d. h. $$d = 2\,\delta\sqrt{i} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \beta)$$

Diese beiden Formeln $\alpha)$ und $\beta)$ gelten eigentlich — und zwar nur, wenn man von dem Flechtwinkel absieht — bloss für Seile aus 6 drähtigen Litzen, bei welchen (von dem Flechtwinkel abgesehen) viel einfacher und zwar für ein 36 drähtiges gewöhnliches Seil

$$d = 9\,\delta \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \text{ad } \alpha)$$

und für ein aus 6 solchen Seilen (Strängen) geflochtenes Kabelseil

$$d = 27\,\delta \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \text{ ad } \beta)$$

zu setzen wäre.

Die Anwendbarkeit der Formeln $\alpha)$ und $\beta)$ ist somit selbst auch für nur annähernde Ermittlungen der Seildicke höchst beschränkt.

Deshalb ist es bereits in früherer Zeit üblich geworden, zur genaueren Bestimmung der Seildicke, den Seilquerschnitt für die jeweilig festgesetzte Seilconstruction in einem sehr stark vergrösserten Massstabe möglichst genau zu zeichnen, oder aber die Seildicke von Fall zu Fall (aus der jeweiligen Seilconstruction) trigonometrisch zu berechnen.

Beide Methoden — die zeichnerische und die rechnerische — sind höchst umständlich und obendrein ungenau; denn die Drahtquerschnitte werden beiderseits als Kreise angenommen, während es in der That (vermöge der schiefen Lage der Drähte in den Litzen und der Litzen im Seile) Ellipsen sind, von Kreisen derart verschieden, dass bei dem erwähnten Zeichnen und Rechnen Fehler von 7 bis 14 %, bei den Kabelseilen aber von 10 bis nahe 20 % begangen werden (je nachdem der Flechtwinkel mässig oder bedeutend ist).

Die einzig richtige Bestimmungsweise der Seildicke ist die allgemein mathematische Berechnung, wenn man hiebei die Grösse der Flechtwinkel (also den Neigungswinkel sowohl der Drähte in den Litzen, als auch jenen der Litzen im Seile) gehörig berücksichtigt. Diese richtigste Bestimmungsweise ist aber auch für die Anwendung die einfachste, wenn dieselbe auf die Multiplication zweier (bei Kabelseilen dreier) numerischen Factoren zurückgeführt wird, von denen jeder für die betreffende Zahl der Flechtelemente (der Drähte in der Litze und der Litzen im Seile) und für die betreffende (beiläufige) Grösse des Flechtwinkels aus einer ziemlich einfachen Tabelle numerisch fertig zu entnehmen ist, wie dies in dem folgenden der Fall sein wird.

Diese rechnungsmässige Bestimmungsart der Seildicke beruht auf dem Umstande, dass eine Litze aus den Drähten in derselben Weise hergestellt wird, wie aus den Litzen das Seil, indem ja die Litzenflechtmaschine und die Seilflechtmaschine principiell vollkommen gleich eingerichtet sind. Wenn mittelst einer Flechtmaschine überhaupt eine bestimmte Anzahl Elemente (Drähte oder Litzen etc.) von bestimmter Dicke unter einem gewissen Flechtwinkel um irgend eine beliebige Einlage (Seele, Kern) kreisförmig

derart herumgelegt wird, dass sich diese Elemente berühren, so resultiert ein Geflecht von einem bestimmten äusseren Durchmesser, welcher als Dicke des Geflechtes bezeichnet wird und rechnungsmässig zu bestimmen ist. Diese Bestimmungsgrösse wird von der etwaigen Zusammensetzung der Einlage ganz unabhängig sein, d. h. bei umflochtenen Litzen und bei den Spiralseilen wird hier lediglich die Anzahl Elemente der obersten Schicht in Betracht kommen.

Es sei n_1 die Anzahl Drähte, welche um eine beliebige Einlage zu einer Litze zusammengeflochten sind (bei einer umflochtenen Litze die Drahtzahl der obersten Schicht); w_1 bezeichne den Flechtwinkel (bei schwacher Drehung circa 5° als Minimum, bei starker Drehung circa 24° als Maximum).

Es seien ferner nach Fig. 6 der 4. Beilage (bei der Flechtmaschine rechts unten) O der Mittelpunct der Litze, a und b die Mittelpuncte zweier benachbarten Drähte, c der Berührungspunct der Umfänge ihrer Querschnitte, dann ist zuvörderst

$$\text{Winkel } a\,O\,b = \frac{2\pi}{n_1}$$

$$\text{„ } \quad a\,O\,c = \frac{\pi}{n_1}$$

$$\overline{a\,O} = \frac{a\,c}{\sin\frac{\pi}{n_1}} = \overline{a\,c}\ \operatorname{cosec}\frac{\pi}{n_1}$$

Hierbei wäre ohne Rücksicht auf die Windung der Drähte $\overline{a\,c} = {}^1/_2\,\delta$; mit Berücksichtigung der Windung ist zu setzen

$$\overline{a\,c} = {}^1/_2\,\delta\,\frac{1}{\cos w_1} = {}^1/_2\,\delta\,\sec w_1$$

es folgt

$$\overline{a\,O} = {}^1/_2\,\delta\,\sec w_1\,\operatorname{cosec}\frac{\pi}{n_1}$$

hieraus die halbe Litzendicke

$${}^1/_2\,d_1 = \overline{a\,O} + {}^1/_2\,\delta = {}^1/_2\,\delta\,(\sec w_1\,\operatorname{cosec}\frac{\pi}{n_1} + 1)$$

somit die Litzendicke

$$d_1 = \delta\,(\sec w_1\,\operatorname{cosec}\frac{\pi}{n_1} + 1) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \text{I.}$$

Dreht man eine Anzahl n_2 solcher Litzen mit einem Flechtwinkel w_2, so ist in gleicher Weise die Dicke des entstehenden Seiles oder Stranges

$$d_2 = d_1 (\sec w_2 \operatorname{cosec} \frac{\pi}{n_2} + 1)$$

d. i. für zweimaliges Flechten:

$$d_2 = \delta (\sec w_1 \operatorname{cosec} \frac{\pi}{n_1} + 1) (\sec w_2 \operatorname{cosec} \frac{\pi}{n_2} + 1) \quad \ldots\ldots\ldots \text{II.}$$

Eben so folgt für dreimaliges Flechten (für Kabelseile) die Seildicke

$$d_3 = \delta (\sec w_1 \operatorname{cosec} \frac{\pi}{n_1} + 1) (\sec w_2 \operatorname{cosec} \frac{\pi}{n_2} + 1)$$

$$(\sec w_3 \operatorname{cosec} \frac{\pi}{n_3} + 1). \quad \ldots\ldots \text{III.}$$

Man kann übersichtlich

I. $d_1 = \delta A_1$ ..... für einmaliges Flechten
II. $d_2 = \delta A_1 A_2$ .... „ zweimaliges „
III. $d_3 = \delta A_1 A_2 A_3$ .. „ dreimaliges „

setzen, wobei jeder der Faktoren A_1, A_2 und A_3 nach der Formel

$$A = \sec w \operatorname{cosec} \frac{\pi}{n} + 1$$

zu bestimmen ist.

Da diese Formel in Bezug auf den Flechtwinkel w nicht sehr empfindlich ist, so kann man die Werthe von A für drei Grössen von w und für verschiedene Zahlen n der Elemente (Drähte, Litzen, Stränge) numerisch festsetzen und tabellarisch zusammenstellen. Hienach reduciert sich die Bestimmung der Seildicke auf die Multiplication (einschliesslich δ) von zwei, oder drei, oder aber (für Kabelseile) von vier numerischen Grössen.

Die betreffende hier nachfolgende Hilfstabelle enthält ausser den Werthen von A für drei verschiedene Flechtwinkel auch noch solche für umflochtene Litzen und für Spiralseile bei dem gebräuchlichen mittleren Flechtwinkel.

Diese Tabelle mit der beigegebenen „Erklärung“ (Recapitulation) und mit den angehängten „Bemerkungen“ gibt über die Entstehung der nachfolgenden Seiltabellen (im 6. Kapitel) die etwa nothwendige Aufklärung.

Hilfstabelle zur Bestimmung der Litzen- und Seildicke d

Litze (einfach oder umflochten) und „Spiralseile“ . . . . $d = A\,\delta$
Zweimal geflochtenes Seil (aus Litzen fertig geflochten) $d = A_1\,A_2\,\delta$
Kabelseil, dreimal geflochten . . . . . $d = A_1\,A_2\,A_3\,\delta$

$$A = \sec w \operatorname{cosec} \frac{\pi}{n} + 1$$

Anzahl n Elemente (Drähte, Litzen, Stränge)	Werthe von A (bezw. von A_1 od. A_2 od. A_3) wenn der Flechtwinkel w			A für umflochtene Litzen und für Spiralseile
	klein circa 5°	mittelgross circa 17°	gross circa 24°	
2	2,00	2,05	2,10	.
3	2,16	2,21	2,27	.
4	2,41	2,48	2,55	.
5	2,70	2,79	2,87	.
6	3,00	3,10	3,20	3,14
7	3,30	3,42	3,53	3,46
8	3,61	3,74	3,87	3,79
9	3,92	4,07	4,22	4,13
10	4,24	4,40	4,56	4,46
11	4,55	4,73	4,90	4,80
12	4,86	5,06	5,25	5,14
13	5,18	5,39	5,59	5,46
14	5,50	5,72	5,95	5,80
15	5,81	6,05	9,29	6,14
16	6,13	6,38	6,64	6,48
17	6,45	6,72	6,99	6,82
18	6,76	7,05	7,34	7,16
19	7,08	7,38	7,69	7,50
20	7,39	7,71	8,03	7,83
22	8,03	8,38	8,73	8,51
24	8,66	9,04	9,43	9,19
26	9,30	9,72	10,13	9,88
28	9,93	10,37	10,82	10,54
30	10,57	11,04	11,51	11,22
32	11,22	11,69	12,19	11,88
34	11,83	12,32	12,85	12,52
36	12,47	13,00	13,55	13,18
38	13,08	13,63	14,21	13,84
40	13,75	14,33	14,95	14,54
42	14,39	14,99	15,65	15,24
44	15,02	15,65	16,34	15,91
46	15,64	16,30	17,02	16,57
48	16,29	16,98	17,73	17,26

Erklärung.

(Recapitulation und Ergänzung.)

Bei umflochtenen Litzen und bei den Spiralseilen gilt für die Bestimmung von d die Drahtzahl der obersten (äusseren) Schicht; die Drahtzahl des Kernes kommt hier nicht in Betracht. Die erstere (äussere) Drahtzahl ist stets um 6 grösser als die Drahtzahl der darunter befindlichen Schicht, d. h. m innere Drähte (event. Litzen) werden mit $m+6=n$ Drähten (event. Litzen) umflochten; sonach werden 3 Elemente (Drähte oder Litzen) mit 9 Elementen, diese mit 15 Elementen etc. umflochten;

über 4 Elemente kommen 10, dann 16 etc.
„ 6 „ „ 12, „ 18 etc.

überall die gleiche Dicke der Elemente, bezw. die gleiche Drahtdicke δ vorausgesetzt. Man könnte auch einen zweidrähtigen (idealen) Kern mit 8 Drähten umflechten; diese 2 Kerndrähte müssten jedoch durch 4 Drähte von der Dicke $\delta' = 0{,}67\,\delta$ ersetzt werden; in ähnlicher Weise werden die erstgenannten 3 Elemente (als Kern) durch 6 Elemente mit der Drahtdicke $\delta' = 0{,}71\,\delta$ ersetzt und können auch 4 Kern-Elemente durch 6 Elemente mit der Drahtdicke $\delta' = 0{,}82\,\delta$ ersetzt werden. Die Combinationen $6+12$, dann $6+12+18$, ferner $6+12+18+24$ etc. mit durchaus gleicher Drahtdicke sind die beliebtesten. Die Gesammtdicke d nimmt hiebei stets um die doppelte Elementdicke zu. Es bleiben jedoch zwischen den umliegenden $m+6$ Elementen kleine (practisch nicht beachtenswerthe) Lücken, welche insgesammt ($m+6$ an der Zahl) wenig über $^1/_4\,\delta$ betragen, somit desto kleiner sind, je grösser m ist.

Mathematisch genau müssten um m Elemente anstatt $m+6$ vielmehr $m+2\pi = m+6{,}28$ Elemente herumgeflochten werden, wonach der unvermeidliche Fehler der Praxis $0{,}28\,\delta$ im Ganzen beträgt und die Breite einer Lücke $= \frac{0{,}28\,\delta}{m+6}$ ist.

Zum Beweise hat man, wenn u die fragliche Zahl der zusätzlichen Elemente bezeichnet, $m\,\delta = d\,\pi$ und $(m+u)\,\delta = (d+2\,\delta)\,\pi$; wegen $d = \frac{m\,\delta}{\pi}$ folgt $u = 2\,\pi$.

Bemerkungen über die Entstehung der Angaben in den folgenden Seiltabellen.

Mittelst der gegenwärtigen Hilfstabelle ergibt sich für jede beliebige Seilconstruction die Seildicke

$$d = x\,\delta;$$

die numerischen Werthe von x sind in den nachfolgenden Tabellen aller (rationellen) Seilconstructionen fertig angegeben.*)

Die vorangehende Haupttabelle (4. Kapitel) gibt für alle Drahtzahlen i und für alle Drahtdicken δ den summarischen (normalen) Drahtquerschnitt

$$q = i\,\delta^2\,\frac{\pi}{4}.$$

Die beiden hiemit festgesetzten Grössen q und x wurden zur Bestimmung der noch nothwendigen Angaben benützt, wie folgt:

Zunächst ergab sich rechnungsmässig (aus x und i) das Verhältniss z des totalen (kreisförmigen) Seilquerschnittes $d^2\frac{\pi}{4}$ zu dem summarischen Drahtquerschnitte $i\,\delta^2\frac{\pi}{4}$, also $z = d^2 : i\,\delta^2$; dieses Verhältniss ist nachfolgends für alle Seilconstructionen numerisch angegeben; dasselbe characterisiert sehr treffend die einzelnen Constructionsarten, indem es namentlich bei allen Spiralseilen sehr gleichförmig verläuft, bei allen übrigen Seilen aber bedeutende Sprünge macht, welche für die Anwendung nicht sehr angenehm sind.**)

---

*) Es ist nach dem eben Mitgetheilten $x = A_1$ oder $x = A_1\,A_2$ oder $x = A_1\,A_2\,A_3$; letzteres für Kabelseile.

**) Der nahezu constante Werth von z bei jeder Gruppe der Spiralseile überhaupt bekundet insbesondere für die Litzenspiralseile (abgesehen von ihrer schönen Rundung und von der Gleichmässigkeit ihrer Oberfläche) die gleichförmige Vertheilung der Drahtquerschnitte um die Hanfeinlagen in dem ganzen Seilquerschnitte etc. zum grossen Vortheile dieser neuen Seilgattung für fast alle Zwecke der Seilanwendung. Nur wo minimale Dehnung vor allem zu fordern ist und keine Biegung vorkommt, sind insbesondere bei stabilen Constructionen (Geradführungen, Brücken und dgl.) die einfachen Spiralseile aus starkem Draht den Litzen-Spiralseilen vorzuziehen. Noch besser eignen sich zu solchen Zwecken die vollkommen cylindrischen „verschlossenen" Seile, von welchen (als abnormalen Constructionen) später die Rede sein wird.

Hiemit ergab sich schliesslich für alle beliebigen Seilconstructionen das so genau als möglich bestimmte Verhältniss $y = q' : q$ (zur Ausmittlung des Seilgewichtes q' pro m sammt Schmiere) auf Grund des specif. Gewichtes des Drahtes (rund 7,8) und der Hanfeinlagen (nach den Gewichtsangaben der Praxis) bei einem entsprechend angenommenen Flechtwinkel w folgends:*)

für einfache Litzen	$y = 0{,}83 + 0{,}075\,(z - 1{,}1)$
für umflochtene Litzen und für Draht-Spiralseile (rund) . . .	$y = 0{,}84$
für alle zweimal geflochtenen Seile	$y = 0{,}89 + 0{,}075\,(z - 1{,}15)$
für dreimal geflochtene Seile (Kabel)	$y = 0{,}94 + 0{,}075\,(z - 1{,}2)$
für die vierlitzigen Flachseilstränge an sich	$y = 0{,}83 + 0{,}05\ (z - 1{,}1)$
für dieselben einschliesslich Nähdraht und Schmiere	$y = 0{,}86 + 0{,}08\ (z - 1)$.

Bei der Benützung dieser Schrift braucht man sich um die hier angeführten Formeln weiter nicht zu bekümmern, denn die Resultate derselben sind in den Seiltabellen fertig angegeben.

Für Constructionsarten, bei denen das Verhältniss y (bezw. z) nicht stark variiert, konnte auch die annähernde Beziehung festgestellt werden: $d = \beta \sqrt{q'}$ (in cm für q' in kg pro m). Die betreffenden Angaben der Seiltabellen können mit der zugehörigen Beziehung für einen Eisenrundstab verglichen werden, welche lautet: $d = 1{,}29 \sqrt{q'}$.

Mittelst $d = \beta \sqrt{q'}$ kann man schematische Seilberechnungen (bloss betreffs q' und d) vornehmen, ohne sich (vor der Hand) um die Seilconstruction zu kümmern.

Es ist

$$\beta = \sqrt{\frac{4}{\pi} \cdot \frac{z}{y}}$$

Zum Vergleiche mit der höchst oberflächlichen (bezw. sehr beschränkten) Formel $d = 1{,}5\,\delta \sqrt{i}$ (bezw. $d = 2\,\delta \sqrt{i}$ für Kabelseile) kann man auch für jede Seilconstruction als genauen Werth festsetzen $d = \sqrt{z}\,\delta \sqrt{i}$.

*) Allgemein ist $y = 0{,}78 \sec^{\alpha} w + 0{,}1\,\sigma\,(z - \sec^{\alpha} w)$; hierin für einmaliges Flechten $\alpha = 1$, für 2 und 3 maliges Flechten $\alpha = 2$ und 3; σ ist das mittlere specifische Gewicht der Hanfeinlagen einschliesslich Lücken und Seilschmiere.

6. Kapitel.

Die Seilconstructionen aller Arten in Zahlen und Abbildungen.

Eintheilung und Erklärung der Seilconstructionen.

Das Allgemeine über die Seilconstruction ist bereits im 2. Kapitel angeführt worden. Wir haben daselbst unterscheiden gelernt:

I. **Einmal** geflochtene (und umflochtene) Seile, bezeichnet als **„Drahtspiralseile"**;

II. **Zweimal** geflochtene, d. i. aus Litzen fertig geflochtene Seile. Dies sind die bei weitem am meisten angewendeten und in der Construction mannigfaltigsten Drahtseile. Hierher gehören:

Erstens die bisher üblichen in der Regel aus sechs bis acht und höchstens neun Litzen bestehenden Drahtseile;

Zweitens die durch den Verfasser hier eingeführten, in die Anwendung erst einzuführenden, aus mehr als neun Litzen bestehenden Litzenspiralseile.

III. **Dreimal** geflochtene Drahtseile, bezeichnet als **Kabelseile.**

Die bisher üblichen, aus höchstens neun Litzen bestehenden, zweimal geflochtenen (II) Seile werden wir weiters unterscheiden als

IIa. Gewöhnliche aus höchstens acht (vollen) Litzen geflochtene Seile;

IIb. Biegsame aus höchstens acht (hohlen) Litzen geflochtene Seile;

IIc. Neunlitzige Seile.

Die zu II weiters gehörigen Litzenspiralseile werden naturgemäss nach der Beschaffenheit der Litzen zu unterscheiden sein als

A, B, C, D Seile aus einfachen (bezw. aus 6, 8, 9 und 10 drähtigen) Litzen (Einfache Litzenspiralseile);

E, F, G, H Seile aus umflochtenen (bezw. aus 12, 18, 36 und 30 drähtigen) Litzen (Vieldrähtige Litzenspiralseile).

Diese acht Constructionsarten der Litzenspiralseile werden behufs der hier angestrebten vollständigen Erledigung aller rationellen Seilconstructionen noch einen Nachtrag erheischen, welcher demnächst motiviert werden wird.

Note. Bei den constructiv artenreichsten Litzenspiralseilen lassen wir die Bezeichnung II (welche ihnen als durchwegs zweimal geflochtenen und umflochtenen Seilen zukommen würde) der Einfachheit wegen hinweg, und bezeichnen sie mit den grossen Buchstaben A, B, C, D (wenn sie aus einfachen Litzen bestehen), und E, F, G, H (wenn sie aus umflochtenen Litzen bestehen). Die erstere Gruppe A, B, C, D wird eben Ergänzungen (bezw. Nachträge) ad A, ad B, ad C, ad D erhalten, welche die (biegsamen und besonders biegsamen) Litzenspiralseile mit starken centralen Hanfeinlagen zwischen den Litzen im Seile zum Gegenstande haben werden. Dabei werden immerhin noch die aus siebendrähtigen Litzen bestehenden Litzenspiralseile vermisst werden können, welche eine besondere Erledigung (als Beispiel der rechnungmässigen Ausmittlung der Seilconstructionen) finden werden.

Nach den oben unter III zuletzt angeführten (dreimal geflochtenen) Kabelseilen werden in Betracht gezogen werden:

IV. die vierlitzigen Stränge der Flachseile.

Den Abschluss der Seilconstructionen bilden zwei ganz aparte Seilarten und zwar:

V. die flachlitzigen Rundseile von Felten und Guilleaume,

VI. die verschlossenen Seile deutscher und französ. Herkunft.

Diese zweierlei letztgenannten, ganz absonderlichen und für die Herstellung überaus kunstvollen Seilconstructionen V und VI sind von allen übrigen (vorangehends angeführten) aus zwei Gründen völlig auszuscheiden, und zwar:

erstens, weil sie sich der rechnungsmässigen hier consequent durchgeführten Behandlung durch ihre abnormale Zusammensetzung nahezu gänzlich entziehen;

zweitens, weil sie unausweichlich Drahtseelen (bezw. eiserne Einlagen) in den Litzen erfordern, während wir **bei den sämmtlichen Seilconstructionen normalmässig nur Hanfseelen in den Litzen und eo ipso zwischen den Litzen im Seile** voraussetzen.

Diese aparten Seilconstructionen V und VI sind in dieses Kapitel nur deshalb mit aufgenommen worden, damit eben die gesammten Seilconstructionen hier beisammen erscheinen; die ganze

nachfolgende Darstellung betrifft aber diese Seile (V und VI) **nicht**, und sie betrifft in so mancher Beziehung auch **nicht** die sonstigen Seile mit Drahtseelen.

In welcher Weise und mit welchen Modificationen die nachfolgenden tabellarischen Angaben zur Beurtheilung und Berechnung auch der Seile mit Drahtseelen benützt werden können, wird in dem nachfolgenden 9. und 10. Kapitel angegeben werden, in welchem wir sowohl auf die aparten Constructionen V und VI, als auch auf die Seile mit Drahtseelen im Allgemeinen — mit der nothwendigen Besprechung zurückkommen werden.

Hiemit können wir zu der Einrichtung der hier folgenden Seiltabellen mit den zugehörigen Zeichnungen stets nur einzelner (repräsentativer) Seilquerschnitte übergehen.

In den oberen zwei oder drei Zeilen d. i. im Kopfe jeder Tabelle ist die Drahtzahl i und die Seilconstruction ersichtlich gemacht, die letztere durch eine einfache Zahlenformel, worin (bei den zweimal geflochtenen Seilen) der erste Factor die Anzahl Litzen im Seile, der zweite die Anzahl Drähte in der Litze angibt.

Die Anordnung der Drähte in den umflochtenen Litzen und in den Drahtspiralseilen, sowie die Anordnung der Litzen in den Drahtspiralseilen wird durch eine Summe dargestellt, worin der erste Summand die Anzahl Drähte oder Litzen des Kernes, der zweite (stets um 6 grössere) Summand die Draht- oder Litzenzahl der zweiten Lage u. s. w. angibt.*)

Bei den dreimal geflochtenen Seilen (Kabelseilen) wird als erster Factor die Anzahl Stränge im Seile, als zweiter Factor die Anzahl Litzen im Strange und als dritter Factor die Drahtzahl in der Litze angesetzt.

Die Drahtdicken δ umfassen beinahe in allen Tabellen so viel Werthe, das der letzte (grösste) Werth nahezu das zehnfache des ersten (kleinsten) Werthes beträgt, sodass die tabellarischen Angaben

---

*) Um anzudeuten, dass 3 oder 4 Kerndrähte (bezw. Kernlitzen) durch 6 dünnere Drähte (bezw. durch 6 Litzen aus dünneren Drähten) zu ersetzen sind, wird als Drahtzahl (bezw. Litzenzahl) angesetzt $\begin{matrix}3+9\ldots \\ \vdots \\ 6\end{matrix}$ oder $\begin{matrix}4+10\ldots. \\ \vdots \\ 6\end{matrix}$

Hiemit sind die sogen. Compound-Seile älterer (bezw. neuer) Construction gekennzeichnet.

für **alle** Drahtdicken (bei eventueller Versetzung des Decimalzeichens) brauchbar sind.

Für alle angegebenen Drahtzahlen i und Drahtdicken δ enthält jede Tabelle zunächst den summarischen Drahtquerschnitt

$$q = i\,\delta^2\,\frac{\pi}{4} \text{ in cm}^2$$

in drei geltenden Stellen (für die kleinsten δ mitunter nur in zwei Stellen.*)

Diese tabellarische Hauptangabe dient zur Bestimmung der Bruchfestigkeit und der Tragfähigkeit der Seile (bei der betreffenden Sicherheit), sowie zur Lösung aller einschlägigen Aufgaben.**)

Bei diesen Berechnungen kann man nämlich sachgemäss annehmen, dass jedes Seil mit hinlänglicher Annäherung eben so viel trägt, was die hierin enthaltenen Drähte im geradgestreckten (nicht geflochtenen) Zustande tragen würden. Der Flechtwinkel kommt hiebei nicht in Betracht. Das heisst: jedes Seil büsst beim Flechten an Tragfähigkeit beinahe nur so viel ein, um was der zur Kraftrichtung (d. i. zur Seilaxe) senkrechte Seilquerschnitt (und zugleich das Seilgewicht) zunimmt.

Der genannte Seilquerschnitt ist bei zweimal mit dem Winkel w geflochtenen Seilen $q \sec^2 w$, die Querschnitts-Zunahme somit $q \sec^2 w - q = q\,(\sec^2 w - 1)$, während die Tragfähigkeits-Zunahme im besten Falle = Null ist. Man kann (abgerundet) $\sec^2 w = 1.10$ annehmen, wonach bei den gewöhnlichen Seilen durch das Flechten der Seilquerschnitt (und zugleich das Seilgewicht) um 10% zunimmt, das Tragvermögen aber (im besten Falle) ungeändert bleibt.***)

---

*) Die genaueren Angaben von q, durchwegs auf 4 Stellen findet man, wenn dies nöthig sein sollte, in der vorangehenden „Haupttabelle" (4. Kapitel).

**) Die Bruchfestigkeit und Tragfähigkeit eines Seiles bei bestimmter Drahtzahl kann ohne Rücksicht auf die Seilconstruction mittelst der Haupttabelle (4. Kapitel) ermittelt werden.

***) Der genannte „beste Fall" dürfte dann eintreten, wenn beim Litzenflechten der Draht irgend eine Richtungsbrechung und die hiemit verbundene ansehnliche Reibung **nicht** erfährt, also in der Flechtmaschine über Leitrollen gehörig geführt wird, wie dies ehemals stets der Fall war, heutzutage jedoch dem möglichst schnellen Flechten zuliebe — nicht immer der Fall ist.

Es ist somit für das Tragvermögen eines Seiles ohneweiters der summarische (zur Drahtrichtung normale) Drahtquerschnitt $q = i\,\delta^2\,\frac{\pi}{4}$ in Rechnung zu nehmen, welcher in den Seiltabellen für alle Seilconstructionen in cm^2 angegeben ist.

Ausser den Werthen von q enthält jede Tabelle zu unterst drei wichtige Zeilen:

die erste dieser Zeilen (in Fettdruck) gibt die Werthe von x zur Bestimmung der Seildicke $d = x\,\delta$;

die zweite Zeile enthält für jede Seilconstruction den Werth von $d^2 : i\,\delta^2$, d. i. das Verhältniss des ganzen Seilquerschnittes $d^2\,\frac{\pi}{4}$ zu dem summarischen (tragenden) Drahtquerschnitte $i\,\delta^2\,\frac{\pi}{4}$. Dieses Verhältniss ist für die Beurtheilung der verschiedenen Seil-Constructionen von grösster Wichtigkeit, indem dasselbe (ausser anderem) als Charakteristik der Dehnsamkeit und Biegsamkeit der Drahtseile betrachtet werden muss;

die dritte der genannten drei Zeilen und hiemit die letzte Zeile jeder Seiltabelle gibt (in Cursivschrift) das möglichst genau durch Rechnung bestimmte Verhältniss des Seilgewichtes q' pro Meter (in kg) zu dem summarischen Drahtquerschnitte q (in cm^2).

Bei den namentlich zur Förderung und Kraft-Transmission meist angewendeten und überhaupt meist gangbaren Seilconstructionen ist das Verhältniss $q' : q$, von der Einheit nicht sehr verschieden und wird daher für vorläufige Rechnungen (wobei das Seil erst auszumitteln ist) als der Einheit gleich (aber eben nur vorläufig) angenommen.

Bei den vierlitzigen Strängen der Flachseile ist das Verhältniss $q' : q$ zweimal angegeben: einmal (netto) mit Rücksicht auf das Stranggewicht an sich, das anderemal (brutto) mit Rücksicht auf das Stranggewicht einschliesslich des auf einen Strang entfallenden Mehrgewichtes durch den Nähdraht und die Seilschmiere.

Für die Nettogewichte der Stränge fällt das Verhältniss $q' : q$ (wegen des kleinen Flechtwinkels der Litzen im Strange) bedeutend kleiner als die Einheit aus; für die Bruttogewichte hingegen ist $q' : q$ nahe $= 1$, ähnlich wie bei den (namentlich für Förderung und Transmission) meist gangbaren Rundseilen. Demgemäss können Flachseilstränge für die auf dieselben entfallenden Belastungen in derselben Weise berechnet werden, wie die Rundseile.

In den Seiltabellen ist das annähernde Verhältniss zwischen q' und q (ausser den möglichst genauen Angaben der letzten Zeile) stets oben, unterhalb des Titels jeder Tabelle, angesetzt. Ebendaselbst findet sich auch die Bezeichnung $d = \text{Const}\sqrt{q'}$ (in cm), von welcher man mit Vortheil Anwendung machen kann, wenn man Seilberechnungen (insbesondere für Förderung) vorläufig ohne Rücksicht auf die Seilconstruction durchführen will.

Die tabellarischen Angaben von $q = i\,\delta^2\frac{\pi}{4}$ haben allgemeine Geltung; die übrigen Angaben gelten für die üblichen mittleren Flechtwinkel (etwa zwischen 12 und 18°).

Auf das oben als wichtig bezeichnete Verhältniss $d : i\,\delta^2$ zurückkommend bemerken wir, dass der Werth desselben bei den bisher üblichen Seilconstructionen (aus höchstens 8 oder 9 Litzen) in den Tabellen IIa, IIb und IIc ansehnlich schwankt, bei den neuen Litzenspiralseilen hingegen in jeder der einschlägigen Tabellen A, B, C, D, dann E, F, G, H nahezu constant ist.*)

Hierin liegt ein grosser Vortheil (abgesehen von andern noch durch die Praxis zu erweisenden Vortheilen) der Litzenspiralseile im Vergleiche mit den bisher üblichen Seilconstructionen; denn jede aus bestimmten Litzen (aus Litzen von bestimmter Drahtzahl) bestehende (einer Seiltabelle angehörige) Gruppe der Litzenspiralseile hat eine bestimmte Dehnsamkeits- (bezw. Biegsamkeits-) Charakteristik.

Wenn wir insbesondere die einfachen Litzenspiralseile A, B, C, D (bezw. aus 6, 8, 9, 10 drähtigen Litzen) ins Auge fassen, so finden wir:

bei A das Verhältniss $d^2 : i\,\delta^2$ nahe $= 2{,}2$
„ B „ „ „ „ $= 2{,}4$
„ C „ „ „ „ $= 2{,}55$
„ D „ „ „ „ $= 2{,}68$

Bei den dreimal geflochtenen „Kabelseilen", als den biegsamsten aller Seile finden wir $d^2 : i\,\delta^2 = 3{,}6$ bis $4{,}6$.

Hier sehen wir trotz der bereits ansehnlichen Biegsamkeit der aus 9 und 10 drähtigen Litzen bestehenden Litzenspiralseile (C und D)

*) Selbstverständlich muss man hiebei von den ersten, kleingedruckten Spalten der betreffenden Tabellen absehen, weil dieselben keinen Litzenspiralseilen, sondern einfachen Seilen angehören, welche nur zur Ergänzung in diese Tabellen aufgenommen wurden, indem sie aus den gleichen Litzen, wie die dortigen Litzenspiralseile bestehen.

eine Lücke zwischen 2,68 und 3,6). Diese Lücke können wir dadurch ausfüllen, dass wir bei den Litzenspiralseilen ausser den starken Hanfseelen in den Litzen noch ein zweites Mittel zur Erhöhung ihrer Biegsamkeit in Anwendung bringen, darin bestehend, dass wir dieselben ausserdem mit einem verdickten Hanfkern im Seilmittel versehen, indem wir die innere Lage der Litzen aus 9 oder 10 oder 12 Litzen bestehen lassen.

Dieser Anforderung der erhöhten Biegsamkeit zum Zwecke der Ausfüllung der erwähnten Lücke entsprechen die nach den Litzenspiralseilen D eingeschalteten „Extrabiegsamen Litzenspiralseile" aus neundrähtigen und zehndrähtigen Litzen „ad C" und „ad D".

Wir finden hierselbst (abgesehen von den mit aufgenommenen einfachen Seilen in Kleindruck)

ad C das Verhältniss $d^2 : i\,\delta^2 = 2{,}7$ bis 3,0
ad D „ „ „ $= 2{,}8$ „ 3,2.

Hiemit ist die erwähnte Lücke zwar nicht vollständig, aber doch hinreichend ausgefüllt.

Das eben genannte zweite Mittel zur Erhöhung der Biegsamkeit der Litzenspiralseile (Verdickung des Hanfkernes im Seilmittel) kann man indess auch bei den aus 6 und 8 drähtigen Litzen bestehenden Litzenspiralseilen in Anwendung bringen, insonderheit wenn man für die sechsdrähtige (als constructivste) Litze oder für die achtdrähtige (als schön runde und zugleich biegsame) Litze besonders eingenommen ist.

Die biegsamen Seile dieser Art liessen sich jedoch in die bereits angeführten Litzenspiralseile (mit regelmässig zunehmendem Werthe der Charakteristik $d^2 : i\,\delta^2$) nicht wohl einreihen, und wurden deshalb als Nachtrag ad A und ad B nach den sämmtlichen Spiralseilen, somit zum Schlusse der zweimal geflochtenen Rundseile aufgenommen. Insbesondere die biegsamen Seile ad A (aus 6 drähtigen Litzen) boten hiebei die Gelegenheit zu einem Vergleiche der biegsamen Seile dieser (neuen) Art mit den biegsamen (sechslitzigen) Seilen alter Construction, welcher Vergleich auf der benachbarten Figuren-Tafel zeichnerisch durchgeführt wurde.

Dieser vergleichenden Tafel wurde passenderweise eine zweite bezüglich der normalen Seile neuer und alter Construction angereiht.

Das normalste 36 drähtige Seil figuriert hier als beiden Constructionsarten gemeinschaftlich („Commun") obenan.*)

Obwohl die hiemit in Betracht gezogenen Litzenspiralseile einen sehr reichlichen Stoff zu der hier allseitig angestrebten erschöpfenden Abhandlung geboten haben, wird man unter denselben doch noch eine Gruppe vermissen, welche zwar im Allgemeinen weniger constructiv ist, aber zum Ganzen dennoch gehört; es sind die aus siebendrähtigen Litzen bestehenden Litzenspiralseile.**)

Es erscheint passend, diese bisher und in den hier nachfolgenden Seiltabellen nicht beachtete Gruppe zum Gegenstande eines Beispieles zu wählen, welches wir über die Ausmittlung der Seilconstructionen nach den Angaben des 5. Kapitels hier demnächst folgen lassen.

Es erübrigt, bezüglich der Ausdehnung der folgenden, die Litzenspiralseile betreffenden Tabellen und zugleich über die (zukünftige) Herstellung derselben Einiges mitzutheilen.

Behufs der Herstellung der Litzenspiralseile würde es vor der Hand genügen, die Seilflechtmaschine zwölfspulig (anstatt wie bisher sechs- bis achtspulig) einzurichten. Hiemit würde es ermöglicht, die Litzenspiralseile aus (höchstens) 18 Litzen herzustellen. Eine solche zwölfspulige Seilflechtmaschine würde für eine gewisse Leistungsfähigkeit kleiner als die bisher übliche sechs- bis achtspulige ausfallen, denn diese (bisher übliche) Maschine muss für ein herzustellendes grösstes Seil (dem Volumen nach) das gesammte Seilmaterial auf ihre Spulen aufnehmen, während die zwölfspulige Seilflechtmaschine für Litzenspiralseile nur zwei Drittel des gesammten Seilmaterials aufzunehmen hätte, indem derselben ein Drittel dieses Materials, nämlich der sechslitzige Seilkern, von einer andern Maschine schon fertig geflochten zugeführt wird.

Noch grösser wäre der Vortheil bei einer 18 spuligen Seilflechtmaschine; dieselbe hätte bloss die Hälfte des gesammten Seilmaterials auf ihre 18 Spulen aufzunehmen, indem ein aus $6 + 12 = 18$ Litzen

---

*) Ein Vergleich der „alten" mit der „neuen" Seilconstruction wurde schliesslich auch bildlich in der 9. und 10. Beilage (am Schlusse des Buches) nach Photographien von Seilmustern zur Ausführung gebracht. Daselbst sind einerseits für „normale" Seile (9. Beilage), andererseits für „biegsame" Seile (10. Beilage) neben je einem Seile „alter" Construction zwei Litzenspiralseile abgebildet, wovon das eine in Albertschlag, das andere in Kreuzschlag ausgeführt ist.

**) Die siebendrähtige Litze erscheint in der Anwendung überhaupt nicht selten und in England soll ein Seil aus siebendrähtigen Litzen sogar patentiert worden sein!

bestehender Seilkern dieser Maschine fertig zugeführt wird. Somit wäre auf einer 18 spuligen Flechtmaschine von gewisser Grösse ein Litzenspiralseil bestimmten Querschnittes von der doppelten Maximallänge herzustellen im Vergleiche mit dem Seile und mit der Seilflechtmaschine bisheriger Construction.

Für mehr als 18 Spulen die Seilflechtmaschine einzurichten, dürfte kaum so bald nothwendig sein. Nichts destoweniger wurde in den folgenden Seiltabellen auch noch eine 24 spulige Seilflechtmaschine vorgedacht. Dass hiemit die einschlägigen Seiltabellen um etliche je drei Spalten breiter geworden sind, braucht doch Niemanden zu schmerzen. Um Vollständiges zu bieten, also den Stoff verlässlich zu erschöpfen, ist es immer besser, über die Grenze der Nothwendigkeit etwas hinauszugehen, als diese Grenze nicht zu erreichen.

Den Abschluss der Seiltabellen bilden nach obigem Programm die Tabellen III, IV, V, VI.

Hiervon ist nur über die Tabelle IV, welche die Flachseile betrifft, zu bemerken, dass in der zugehörigen Figuren-Tabelle das Folgende zur Evidenz gebracht ist: bei der Herstellung des Flachseiles gestaltet sich die Dicke desselben einerseits durch den eingelegten Nähdraht, andererseits vermöge der Anordnung der gezeichneten Seilquerschnitte etwas grösser als die Dicke d der einzelnen Stränge, und die Breite des Flachseiles ist hiebei etwas kleiner, als die summarische Dicke der sämmtlichen Stränge. Nach einiger Benützung tritt jedoch durch den sehr bedeutenden radialen Druck (infolge der Seilspannung) gerade das Entgegengesetzte ein; das Seil erfährt eine ansehnliche Verbreiterung (dasselbe wird flachgedrückt) und die „effective" Seildicke $\mathfrak{D}$ (d. i. die Zunahme des wirksamen Halbmessers für jede Seilaufwicklung, also für jeden Seilschlag) gestaltet sich bedeutend kleiner als die Strangdicke d.

Nunmehr können wir zu der Erledigung der Spiralseile aus siebendrähtigen Litzen in einem Rechnungsbeispiele nach den Angaben des 5. Kapitels übergehen.

Rechnungs-Beispiel über die Spiralseile aus 7 drähtigen Litzen

(7 Drähte um eine Hanfseele).

Wir nehmen in Betracht unter No.	1	2	3	4	5	6	7	8
die folgenden Anordnungen der Litzen im Seile (hievon No. 1 und 5 mit verdickter Central-Hanfseele):	0+9	3+9	4+10	6+12	0+9+15	3+9+15	4+10+16	6+12+18
hiemit die Anzahl Litzen à 7 Drähte . . .	9	12	14	18	24	27	30	36
sonach die Anzahl Drähte im Seile . . $i =$	**63**	**84**	**98**	**126**	**168**	**189**	**210**	**252**
Zur Bestimmung der Seildicke d ist aus der Hilfstabelle im 5. Kapitel zunächst zu der Drahtzahl $n_1 = 7$ in der Litze gehörig (für mittelgr. w) durchwegs der Factor $A_1 =$.	3,42	3,42	3,42	3,42	3,42	3,42	3,42	3,42
Ferner ist zu der äusseren Litzenzahl n_2 (für Spiralseile) gehörig, und zwar zu $n_2 =$ . .	9	9	10	12	15	15	16	18
der Factor $A_2 =$	4,13	4,13	4,46	5,14	6,14	6,14	4,48	7,16
somit für $d = x\,\delta$ der Coëffic. $x = A_1 A_2 =$.	14,125	14,125	15,25	17,58	21,00	21,00	22,16	24,49
hierzu $x^2 =$	199,5	199,5	232,5	309,0	441,0	441,0	491,0	599,8
hieraus folgt das Flächenverhältniss (als Charakteristik) $z = d^2 : i\,\delta^2 = x^2 : i =$ . . .	3,17	2,37	2,37	2,45	2,62	2,33	2,34	2,38
Zur (möglichst genauen) Bestimmung des Seilgewichtes q' pro m bei allen zweimal geflochtenen Seilen ist das Verhältniss $y = q' : q = 0{,}89 + 0{,}075\,(z - 1{,}15) =$ . . .	1,04	0,98	0,98	0,99	1,00	0,98	0,98	0,98

Schliesslich berechnet sich aus den beiläufigen Mittelwerthen (ausschliesslich No. 1 und 5) $z = 2{,}4$ und $y = 0{,}98$ der Coëffic. $\beta = \sqrt{\frac{4}{\pi}\frac{z}{y}} = 1{,}76$, d. h. (für vorläufige Berechnungen) $d = \beta\sqrt{q'} = 1{,}76\sqrt{q'}$.

Aus diesen Rechnungs-Resultaten ergibt sich mit Hinzuziehung der Werthe von $q = i\,\delta^2\frac{\pi}{4}$ aus der Haupttabelle im 4. Kapitel für die Spiralseile aus 7 drähtigen Litzen die auf der folgenden Seite zusammengestellte Tabelle.

Ergänzung der Seiltabellen, insbesondere die **Litzenspiralseile** betreffend (zwischen die Seiltabellen A und B sich einfügend).

Aus 7drähtigen Litzen bestehende Spiralseile.

Werthe von q in cm² $\quad q' = 0{,}98\ q \quad d = 1{,}76\ \sqrt{q'}$ (in cm).

Drahtzahl i =	63	84	98	126	168	189	210	252	Draht No.
Litzen à 7 Dr.	9	12	14	18	24	27	30	36	
Anordnung der Litzen*)	0 + 9	3 + 9	4 + 10	6 + 12	0+9+15	3+9+15	4+10+16	6+12+18	
$\delta = 0{,}4$ mm	0,079	0,11	0,12	0,16	0,21	0,24	0,26	0,32	4
0,5 „	0,12	0,16	0,19	0,25	0,33	0,37	0,41	0,49	5
0,6 „	0,18	0,24	0,28	0,36	0,48	0,53	0,59	0,71	6
0,7 „	0,24	0,32	0,38	0,48	0,65	0,73	0,81	0,97	7
0,8 „	0,32	0,42	0,49	0,63	0,84	0,95	1,06	1,27	8
0,9 „	0,40	0,53	0,62	0,80	1,07	1,20	1,34	1,60	9
$\delta = 1{,}0$ mm	0,49	0,66	0,77	0,99	1,32	1,48	1,65	1,98	10
1,1 „	0,60	0,80	0,93	1,19	1,60	1,80	2,00	2,39	11
1,2 „	0,71	0,95	1,10	1,43	1,90	2,14	2,38	2,85	12
1,3 „	0,84	1,11	1,30	1,67	2,23	2,51	2,79	3,34	13
1,4 „	0,97	1,29	1,51	1,94	2,59	2,91	3,23	3,88	14
$\delta = 1{,}5$ mm	1,11	1,48	1,73	2,23	2,97	3,34	3,71	4,45	15
1,6 „	1,27	1,69	1,97	2,53	3,38	3,80	4,22	5,07	16
1,7 „	1,43	1,91	2,22	2,86	3,81	4,29	4,77	5,72	17
1,8 „	1,60	2,14	2,49	3,21	4,28	4,81	5,34	6,41	18
1,9 „	1,79	2,38	2,78	3,57	4,76	5,36	5,95	7,15	19
$\delta = 2{,}0$ mm	1,98	2,64	3,08	3,96	5,28	5,94	6,60	7,91	20
2,1 „	2,18	2,91	3,39	4,36	5,82	6,55	7,27	8,73	21
2,2 „	2,39	3,19	3,73	4,79	6,39	7,18	7,98	9,58	22
2,3 „	2,62	3,49	4,07	5,24	6,98	7,85	8,73	10,5	23
2,4 „	2,85	3,80	4,44	5,70	7,60	8,55	9,50	11,4	24
$\delta = 2{,}5$ mm	3,09	4,12	4,81	5,19	8,25	9,28	10,3	12,4	25
2,6 „	3,34	4,46	5,20	6,69	8,92	10,0	11,1	13,4	26
2,8 „	3,88	5,17	6,03	7,76	10,3	11,6	12,9	15,5	28
3,0 „	4,45	5,94	6,93	8,91	11,9	13,4	14,8	17,8	30
$d = x\,\delta$; $x =$	14,12	14,12	15,25	17,58	21,00	21,00	22,16	24,49	$= x$
$d^2 : i\,\delta^2 =$	3,17	2,37	2,37	2,45	2,62	2,33	2,34	2,38	$= z$
$q' : q =$	*1,04*	*0,98*	*0,98*	*0,99*	*1,00*	*0,98*	*0,98*	*0,98*	$= y$

*) Der dreilitzige Seilkern (3 Litzen à 7 Dr.) wird durch 6 Litzen à 7 Drähte von der Dicke $\delta' = 0{,}71\ \delta$ ersetzt; der vierlitzige Kern (4 Litzen à 7 Drähte) kann vortheilhaft durch 6 Litzen à 7 Drähte von der Dicke $\delta' = 0{,}82\ \delta$ ersetzt werden. Bezeichnung bezw. $\begin{matrix}3\\ \vdots\\ 6\end{matrix} + 9 \ldots$, $\begin{matrix}4\\ \vdots\\ 6\end{matrix} + 10 + \ldots$ (Compound-Seile).

Die kleingedruckten Spalten ($i = 63$ und 168) betreffen Seile mit verdickten Central-Hanfseelen; die Summanden 0 bezeichnen diese Hanfseelen als Seilkerne. Diese beiderlei Seile sind bedeutend biegsamer als die Seile der übrigen Spalten (siehe die Charakteristik $d^2 : i\,\delta^2$).

Uebersicht der Seiltabellen.

Mit Angabe der charakteristischen Grössen.

Zu I. Einfache Litzen.		$d^2 : i\,\delta^2$
I. Drahtspiralseile	$q' = 0{,}84\,q$; $d = 1{,}45\,\sqrt{q'}$	1,40
II. Zweimal geflochtene Seile bisheriger Constr.		
IIa. Gewöhnliche Seile . . .	$q' = 0{,}97$ bis $1{,}02\,q$; $d \doteq 1{,}77\,\sqrt{q'}$	2,2 b. 2,8
IIb. Biegsame Seile	$q' = 0{,}98$ bis $1{,}08\,q$; $d \doteq 1{,}95\,\sqrt{q'}$	2,4 „ 3,7
IIc. Neunlitzige Seile . . .	$q' = 1{,}00$ bis $1{,}07\,q$; $d \doteq 1{,}95\,\sqrt{q'}$	2,6 „ 3,5
Zweimal geflochtene Seile **neuer** Constr.		
Einfache Litzenspiralseile.		
A. aus 6 dräht. Litzen (normal) . . .	$q' = 0{,}97\,q$; $d = 1{,}70\,\sqrt{q'}$	2,2
B. „ 8 „ „ (mäss. biegs.) .	$q' = 0{,}98\,q$; $d = 1{,}77\,\sqrt{q'}$	2,4
C. „ 9 „ „ (biegsam). . .	$q' = 0{,}99\,q$; $d = 1{,}81\,\sqrt{q'}$	2,55
D. „ 10 „ „ (sehr biegs.) .	$q' = 1{,}00\,q$; $d = 1{,}85\,\sqrt{q'}$	2,68
ad C „ 9 „ „ (extra biegs.) .	$q' \doteq 1{,}02\,q$; $d \doteq 1{,}88\,\sqrt{q'}$	2,7 b. 3,0
ad D „ 10 „ „ (extra biegs.) .	$q' \doteq 1{,}03\,q$; $d \doteq 1{,}93\,\sqrt{q'}$	2,8 „ 3,2
Vieldrähtige Litzenspiralseile.		
E. aus 12 dräht. Litzen (Compound) .	$q' = 0{,}95\,q$; $d = 1{,}6\,\sqrt{q'}$	1,9
F. „ 18 „ „	$q' = 0{,}95\,q$; $d = 1{,}6\,\sqrt{q'}$	1,9
G. „ 36 „ „ (schwerste) . .	$q' = 0{,}95\,q$; $d = 1{,}6\,\sqrt{q'}$	1,9
H. „ 30 „ „ (biegsam) . .	$q' = 0{,}975\,q$; $d = 1{,}72\,\sqrt{q'}$	2,3
Nachtrag:		
ad A. aus 6 dr. Litzen, biegsam . . .	$q' \doteq 0{,}99\,q$; $d \doteq 1{,}78\,\sqrt{q'}$	2,3 b. 2,6
ad B. „ 8 „ „ sehr biegsam .	$q' \doteq 1{,}00\,q$; $d \doteq 1{,}82\,\sqrt{q'}$	2,5 „ 2,8
Vergleich der Seile bisheriger und neuer Constr.		
III. Dreimalgefl. Seile (Kabelseile) .	$q' \doteq 1{,}15\,q$; $d \doteq 2{,}1\,\sqrt{q'}$	3,6 b. 4,6
IV. Vierlitzige Flachseil-Stränge .	$q' \doteq 1{,}00\,q$; $d \doteq 1{,}75\,\sqrt{q'}$	2,1 „ 3,6
V. Flachlitzige Seile (von Felten und Guilleaume).		
VI. Verschlossene Seile „ „ „ „ und französ.		

Zum 6. Kapitel.

Seil-Tabellen.

Tabellen für alle Seilconstructionen

in Zahlen und Abbildungen.

(*Siehe die linksseitige „Uebersicht“.*)

Zu I. **Einfache Litzen***)

(aus Drähten in einfacher Lage um eine entsprechende Hanfseele).

Werthe von q in cm².

Drahtzahl i =	3	4	5	6	7	8	9	10	Draht-No.
δ = 0,8 mm	0,015	0,020	0,025	0,030	0,035	0,040	0,045	0,050	8
0,9 „	0,019	0,025	0,032	0,038	0,045	0,051	0,057	0,064	9
δ = 1,0 mm	0,024	0,031	0,039	0,047	0,055	0,063	0,071	0,079	10
1,1 „	0,029	0,038	0,048	0,057	0,067	0,076	0,085	0,095	11
1,2 „	0,034	0,045	0,057	0,068	0,079	0,090	0 10	0,11	12
1,3 „	0,040	0,053	0,066	0,080	0,093	0,11	0,12	0,13	13
1,4 „	0,046	0,062	0,077	0,092	0,11	0,12	0,14	0,15	14
δ = 1,5 mm	0,053	0,071	0,088	0,11	0 12	0,14	0,16	0,18	15
1,6 „	0,060	0,080	0,10	0,12	0,14	0,16	0,18	0,20	16
1,7 „	0,068	0,091	0,11	0,14	0,16	0,18	0,20	0,23	17
1,8 „	0,076	0,10	0,13	0,15	0,18	0,20	0,23	0,25	18
1,9 „	0,085	0,11	0,14	0,17	0,20	0,23	0,26	0,28	19
δ = 2,0 mm	0,094	0 13	0,16	0,19	0,22	0,25	0,28	0,31	20
2,1 „	0,10	0,14	0,17	0,21	0,24	0,28	0,31	0,35	21
2,2 „	0,11	0,15	0,19	0,23	0,27	0,30	0,34	0,38	22
2,3 „	0,12	0,17	0,21	0,25	0,29	0,33	0,37	0,42	23
2,4 „	0,14	0,18	0,23	0,27	0,32	0,36	0,41	0,45	24
δ = 2,5 mm	0,15	0,20	0,25	0,29	0,34	0,39	0,44	0,49	25
2,6 „	0,16	0,21	0,27	0,32	0,37	0,42	0,48	0,53	26
2,8 „	0,18	0,25	0,31	0,37	0,43	0,49	0,55	0,62	28
δ = 3,0 mm	0,21	0,28	0,35	0,42	0,49	0,57	0,64	0,71	30
3,5 „	0,29	0,38	0,48	0,58	0,67	0,77	0,87	0,96	35
4,0 „	0,38	0,50	0,63	0,75	0,88	1 01	1,13	1,26	40
4,5 „	0,48	0,64	0,80	0,95	1,11	1,27	1,43	1,59	45
δ = 5,0 mm	0,59	0,79	0,98	1,18	1,37	1,57	1,77	1,96	50
5,5 „	0,71	0,95	1,19	1,43	1,66	1,90	2,14	2,38	55
6,0 „	0,85	1,13	1,41	1,70	1,98	2,26	2,54	2,83	60
7,0 „	1,15	1,54	1,92	2,31	2,69	3,08	3,46	3,85	70
$d = x\,\delta$; x =	**2,20**	**2,48**	**2,80**	**3,12**	**3,44**	**3,78**	**4,12**	**4,46**	= x
$d^2 : i\,\delta^2$ =	1,61	1,54	1,57	1,62	1,69	1,79	1,89	1,99	= z
$q' : q$ =	*0,86*	*0,86*	*0,87*	*0,87*	*0,87*	*0,88*	*0,89*	*0,90*	= y

*) Die Angaben für **umflochtene** Litzen (aus Drähten in zwei oder mehreren Lagen übereinander) enthält die folgende Seiltabelle I.

I. Aus Drähten concentrisch geflochtene Litzen und Seile.

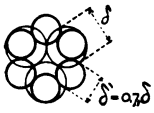
Umflochtene Litzen und **Draht-Spiralseile.**

Werthe von q in cm². $q' = 0{,}84\,q$; $q = 1{,}19\,q'$. $d = 1{,}45\sqrt{q'}$ (in cm)

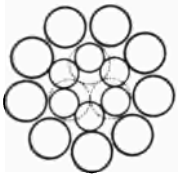
Drahtzahl $i =$	12	14	18	27	30	36	48	52	60	75	80	90	108	126	Draht-No.	
Anordnung der Drähte*)	3+9	4+10	6+12	3+9+15	4+10+16	6+12+18	3+9 +15+21	4+10 +16+22	6+12 +18+24	3+9+15 +21+27	4+10+16 +22+28	6+12+18 +24+30	3+9+15 +21+27+33	6+12+18 +24+30+36		
$\delta = 0{,}8$ mm	0,060	0,070	0,090	0,14	0,15	0,18	0,24	0,26	0,30	0,38	0,40	0,45	0,54	0,63	8	
0,9 „	0,076	0,089	0,11	0,17	0,20	0,23	0,31	0,33	0,38	0,48	0,51	0,57	0,69	0,80	9	
$\delta = 1{,}0$ mm	0,094	0,11	0,14	0,21	0,24	0,28	0,38	0,41	0,47	0,59	0,63	0,71	0,85	0,99	10	
1,1 „	0,11	0,13	0,17	0,26	0,28	0,34	0,46	0,49	0,57	0,71	0,76	0,86	1,03	1,20	11	
1,2 „	0,14	0,16	0,20	0,31	0,34	0,41	0,54	0,59	0,68	0,85	0,90	1,02	1,22	1,42	12	
1,3 „	0,16	0,19	0,24	0,36	0,40	0,48	0,64	0,69	0,80	1,00	1,06	1,19	1,43	1,67	13	
1,4 „	0,18	0,22	0,28	0,42	0,46	0,55	0,74	0,80	0,92	1,15	1,23	1,39	1,66	1,94	14	
$\delta = 1{,}5$ mm	0,21	0,25	0,32	0,48	0,53	0,64	0,85	0,92	1,06	1,33	1,41	1,59	1,91	2,23	15	
1,6 „	0,24	0,28	0,36	0,54	0,60	0,72	0,96	1,05	1,21	1,51	1,61	1,81	2,17	2,53	16	
1,7 „	0,27	0,32	0,41	0,61	0,68	0,82	1,09	1,18	1,36	1,70	1,82	2,04	2,45	2,86	17	
1,8 „	0,31	0,36	0,46	0,69	0,76	0,92	1,22	1,32	1,53	1,91	2,04	2,29	2,75	3,21	18	
1,9 „	0,34	0,40	0,51	0,77	0,85	1,02	1,36	1,47	1,70	2,13	2,27	2,55	3,06	3,57	19	
$\delta = 2{,}0$ mm	0,38	0,44	0,57	0,85	0,94	1,13	1,51	1,63	1,89	2,36	2,51	2,83	3,39	3,96	20	
2,1 „	0,42	0,48	0,62	0,94	1,04	1,25	1,65	1,80	2,08	2,60	2,77	3,12	3,74	4,36	21	
2,2 „	0,46	0,53	0,68	1,03	1,14	1,37	1,84	1,98	2,28	2,85	3,04	3,42	4,11	4,79	22	
2,3 „	0,50	0,58	0,75	1,12	1,25	1,50	1,99	2,16	2,49	3,12	3,32	3,74	4,49	5,23	23	
2,4 „	0,54	0,63	0,81	1,22	1,36	1,63	2,17	2,35	2,71	3,39	3,62	4,07	4,89	5,70	24	
$\delta = 2{,}5$ mm	0,59	0,69	0,88	1,33	1,47	1,77	2,36	2,55	2,95	3,68	3,93	4,42	5,30	6,18	25	
2,6 „	0,64	0,74	0,96	1,43	1,59	1,91	2,55	2,76	3,19	3,98	4,25	4,78	5,73	6,69	26	
2,8 „	0,74	0,86	1,11	1,66	1,85	2,22	2,95	3,20	3,70	4,62	4,93	5,54	6,65	7,76	28	
$\delta = 3{,}0$ mm	0,85	0,99	1,27	1,91	2,12	2,54	3,39	3,68	4,24	5,30	5,66	6,36	7,63	8,91	30	
3,5 „	1,15	1,35	1,73	2,60	2,89	3,46	4,62	5,00	5,77	7,22	7,70	8,66	10,4	12,1	35	
4,0 „	1,51	1,76	2,26	3,39	3,77	4,52	6,03	6,53	7,54	9,42	10,1	11,3	13,6	15,8	40	
4,5 „	1,91	2,23	2,86	4,29	4,77	5,73	7,63	8,27	9,54	11,9	12,7	14,3	17,2	20,0	45	
$\delta = 5{,}0$ mm	2,36	2,75	3,53	5,30	5,89	7,07	9,43	10,2	11,8	14,7	15,7	17,7	21,2	24,7	50	
5,5 „	2,85	3,33	4,28	6,41	7,13	8,55	11,4	12,4	14,3	17,8	19,0	21,4	25,7	29,9	55	
6,0 „	3,39	3,96	5,09	7,63	8,48	10,2	13,6	14,7	17,0	21,2	22,6	25,4	30,5	35,6	60	
7,0 „	4,62	5,39	6,93	10,4	11,5	13,9	18,5	20,0	23,1	28,9	30,8	34,6	41,6	48,5	70	
$d = x\delta$; $x =$	4,13	4,46	5,14	6,14	6,48	7,16	8,17	8,51	9,19	10,19	10,53	11,21	12,20	13,22		$= x$
$d^2 : i\delta^2 =$	1,42	1,43	1,47	1,40	1,40	1,40	1,39	1,39	1,39	1,38	1,39	1,39	1,38	1,39		$= z$

*) Der dreidrähtige Kern ist durch sechs Drähte von der Dicke $\delta' = 0{,}71\,\delta$ zu ersetzen, der vierdrähtige Kern kann vortheilhaft durch sechs Drähte von der Dicke $\delta' = 0{,}82\,\delta$ ersetzt werden.
Bezeichnung: $\overset{3}{6}+9\ldots$; $\overset{4}{6}+10\ldots$

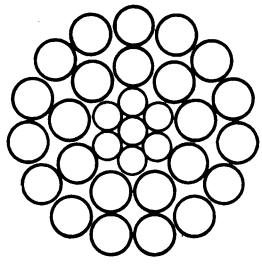
Zu Tab. I. Umflochtene Litzen und Drahtspiralseile.



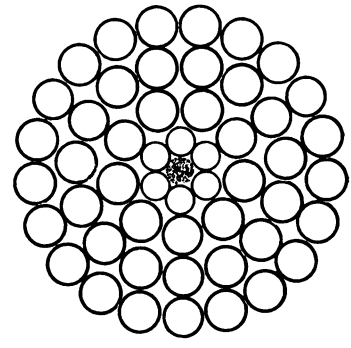
$i = 3 + 9 = 12$

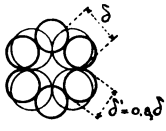


$i = 3 + 9 + 15 = 27$



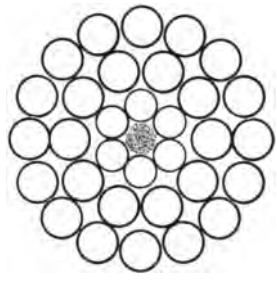
$i = 3 + 9 + 15 + 21 = 48$



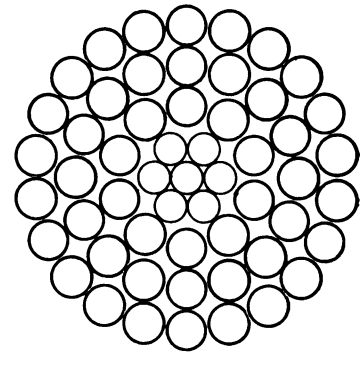


$i = 4 + 10 = 14$

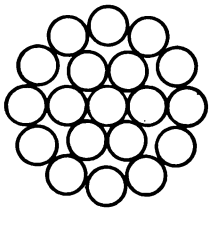
$i = 4 + 10 + 16 = 30$



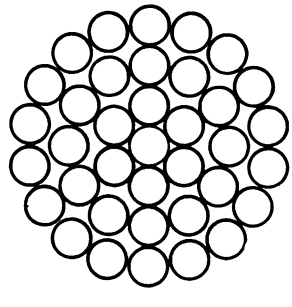
$i = 4 + 10 + 16 + 22 = 52$



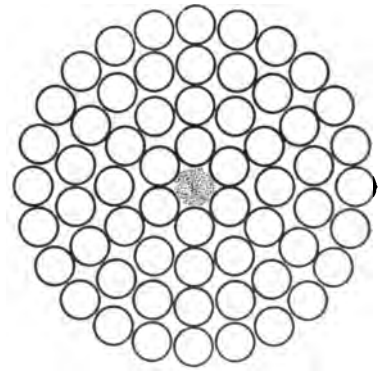
$i = 6 + 12 = 18$



$i = 6 + 12 + 18 = 36$



$i = 6 + 12 + 18 + 24 = 60$



Die Litzen sollen Hanfseelen, die Drahtspiralseile können Drahtseelen haben.

IIa. Gewöhnliche, zweimal geflochtene Seile.

Aus höchstens acht **vollen** Litzen bestehend.

Werthe von q in cm². q' beiläuf. $= q$ d beiläuf. $= 1{,}77\sqrt{q'}$ (in cm).

Drahtzahl $i =$	16	20	24	25	30	36	42	48	49	56	60	72	84	96	98	108	Draht-No.
Seilconstruction*)	4.4	4.5 5.4	4.6 6.4	5.5	5.6 6.5	6.6	7.6	8.6	7.7	7.8	5(3+9)	6(3+9)	6(4+10) 7.14 7(3+9)	8(3+9)	7(4+10)	6(6+12)	
$\delta = 0{,}4$ mm	0,020	0,025	0,030	0,031	0,038	0,045	0,053	0,060	0,062	0,070	0,075	0,090	0,11	0,12	0,12	0,14	4
0,5 „	0,031	0,039	0,047	0,049	0,059	0,071	0,082	0,094	0,096	0,11	0,12	0,14	0,16	0,19	0,19	0,21	5
0,6 „	0,045	0,057	0,058	0,071	0,085	0,10	0,12	0,14	0,14	0,16	0,17	0,20	0,24	0,27	0,28	0,31	6
0,7 „	0,062	0,077	0,032	0,096	0,12	0,14	0,16	0,18	0,19	0,22	0,23	0,28	0,32	0,37	0,38	0,42	7
0,8 „	0,080	0,10	0,12	0,13	0,15	0,18	0,21	0,24	0,25	0,28	0,30	0,36	0,42	0,48	0,49	0,54	8
0,9 „	0,10	0,12	0,15	0,16	0,19	0,23	0,27	0,31	0,31	0,36	0,38	0,46	0,53	0,61	0,62	0,69	9
$\delta = 1{,}0$ mm	0,13	0,16	0,19	0,20	0,24	0,28	0,33	0,38	0,38	0,44	0,47	0,57	0,66	0,75	0,77	0,85	10
1,1 „	0,15	0,19	0,23	0,24	0,29	0,34	0,40	0,46	0,47	0,53	0,57	0,68	0,80	0,91	0,93	1,03	11
1,2 „	0,18	0,22	0,27	0,28	0,34	0,41	0,47	0,54	0,55	0,63	0,68	0,81	0,95	1,09	1,11	1,22	12
1,3 „	0,21	0,27	0,32	0,33	0,40	0,48	0,56	0,64	0,65	0,74	0,80	0,96	1,11	1,27	1,30	1,43	13
1,4 „	0,25	0,31	0,37	0,38	0,46	0,55	0,65	0,74	0,75	0,86	0,92	1,11	1,29	1,48	1,51	1,66	14
$\delta = 1{,}5$ mm	0,28	0,35	0,42	0,44	0,53	0,64	0,74	0,85	0,87	0,99	1,06	1,27	1,48	1,70	1,74	1,91	15
1,6 „	0,32	0,40	0,48	0,50	0,60	0,72	0,84	0,96	0,99	1,13	1,21	1,45	1,69	1,93	1,97	2,17	16
1,7 „	0,36	0,45	0,54	0,57	0,68	0,82	0,95	1,09	1,11	1,27	1,36	1,63	1,91	2,18	2,22	2,45	17
1,8 „	0,41	0,51	0,61	0,64	0,76	0,92	1,07	1,22	1,25	1,43	1,53	1,83	2,14	2,44	2,49	2,75	18
1,9 „	0,45	0,57	0,68	0,71	0,85	1,02	1,19	1,36	1,39	1,59	1,70	2,04	2,38	2,72	2,78	3,06	19
$\delta = 2{,}0$ mm	0,50	0,63	0,75	0,78	0,94	1,13	1,32	1,51	1,54	1,76	1,88	2,26	2,64	3,02	3,08	3,39	20
2,1 „	0,55	0,69	0,83	0,87	1,04	1,25	1,45	1,66	1,70	1,94	2,08	2,49	2,91	3,33	3,39	3,74	21
2,2 „	0,61	0,76	0,91	0,95	1,14	1,37	1,60	1,82	1,86	2,13	2,28	2,74	3,19	3,65	3,73	4,11	22
2,3 „	0,66	0,83	1,00	1,04	1,25	1,50	1,74	1,99	2,04	2,33	2,49	2,99	3,49	3,99	4,07	4,49	23
2,4 „	0,72	0,90	1,09	1,13	1,36	1,63	1,90	2,17	2,22	2,53	2,71	3,26	3,80	4,34	4,43	4,89	24
$\delta = 2{,}5$ mm	0,79	0,98	1,18	1,23	1,47	1,77	2,05	2,36	2,40	2,75	2,95	3,53	4,12	4,71	4,81	5,30	25
2,6 „	0,85	1,06	1,27	1,33	1,59	1,91	2,23	2,55	2,60	2,97	3,19	3,82	4,46	5,10	5,20	5,73	26
2,8 „	0,99	1,23	1,48	1,54	1,85	2,22	2,59	2,96	3,02	3,45	3,70	4,43	5,17	5,91	6,03	6,65	28
3,0 „	1,13	1,41	1,70	1,77	2,12	2,54	2,97	3,39	3,46	3,96	4,24	5,09	5,94	6,79	6,93	7,63	30
$d = x\,\delta$; $x =$	6,15	6,92	7,69	7,78	8,65	9,61	10,60	11,59	11,70	12,79	11,35	12,62	13,70	15,20	15,05	15,69	$= x$
$i^2 : i\,\delta^2 =$	2,36	2,39	2,46	2,42	2,49	2,56	2,68	2,80	2,79	2,92	2,15	2,21	2,23	2,40	2,31	2,28	$= z$
$q' : q =$	0,98	0,98	0,99	0,99	0,99	1,00	1,00	1,01	1,01	1,02	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	$= y$

Fortsetzung für gewöhnliche Seile.

Drahtzahl $i =$	112	126	144	162	180	189	210	216	240	252	288	Draht-No.	
Seilconstruction*)	8 (4+10)	7 (6+12)	8 (6+12)	6 (3+9+15)	6 (4+10+16)	7 (3+9+15)	7 (4+10+16)	6 (6+12+18) 8 (3+9+15)	8 (4+10+16)	7 (6+12+18)	8 (6+12+18)		
$\delta = 0{,}4$ mm	0,14	0,16	0,18	0,20	0,23	0,24	0,26	0,27	0,30	0,32	0,36	4	$= x$
0,5 „	0,22	0,25	0,28	0,32	0,35	0,37	0,41	0,42	0,47	0,49	0,57	5	
0,6 „	0,32	0,36	0,41	0,46	0,51	0,53	0,59	0,61	0,68	0,71	0,81	6	
0,7 „	0,43	0,48	0,54	0,62	0,69	0,73	0,81	0,83	0,92	0,97	1,11	7	
0,8 „	0,56	0,63	0,72	0,81	0,90	0,95	1,06	1,09	1,21	1,27	1,45	8	
0,9 „	0,71	0,80	0,92	1,03	1,15	1,20	1,34	1,37	1,53	1,60	1,83	9	
$\delta = 1{,}0$ mm	0,88	0,99	1,13	1,27	1,41	1,48	1,65	1,70	1,88	1,98	2,26	10	
1,1 „	1,06	1,20	1,37	1,54	1,71	1,80	2,00	2,05	2,28	2,39	2,74	11	
1,2 „	1,27	1,42	1,63	1,83	2,01	2,14	2,37	2,44	2,71	2,85	3,26	12	
1,3 „	1,49	1,67	1,91	2,15	2,39	2,51	2,79	2,87	3,19	3,34	3,82	13	
1,4 „	1,72	1,94	2,22	2,49	2,77	2,91	3,23	3,33	3,69	3,88	4,43	14	
$\delta = 1{,}5$ mm	1,98	2,23	2,54	2,86	3,18	3,34	3,71	3,82	4,24	4,45	5,09	15	
1,6 „	2,25	2,53	2,90	3,26	3,62	3,80	4,22	4,34	4,83	5,07	5,79	16	
1,7 „	2,54	2,86	3,27	3,68	4,09	4,29	4,77	4,90	5,45	5,72	6,54	17	
1,8 „	2,85	3,21	3,66	4,12	4,58	4,81	5,34	5,50	6,11	6,41	7,33	18	
1,9 „	3,18	3,57	4,08	4,59	5,10	5,36	5,95	6,12	6,80	7,14	8,17	19	
$\delta = 2{,}0$ mm	3,52	3,96	4,52	5,09	5,65	5,94	6,60	6,79	7,54	7,92	9,05	20	
2,1 „	3,88	4,36	4,99	5,61	6,23	6,55	7,27	7,48	8,31	8,73	9,98	21	
2,2 „	4,26	4,79	5,47	6,16	6,84	7,18	7,98	8,21	9,12	9,58	10,9	22	
2,3 „	4,65	5,23	5,98	6,73	7,48	7,85	8,72	8,97	9,97	10,5	12,0	23	
2,4 „	5,07	5,70	6,51	7,33	8,14	8,55	9,50	9,77	10,9	11,4	13,0	24	
$\delta = 2{,}5$ mm	5,50	6,18	7,07	7,95	8,84	9,28	10,3	10,6	11,8	12,4	14,1	25	
2,6 „	5,95	6,69	7,64	8,60	9,56	10,0	11,1	11,5	12,7	13,4	15,3	26	
2,8 „	6,90	7,76	8,87	9,97	11,1	11,6	12,9	13,3	14,8	15,5	17,7	28	
3,0 „	7,92	8,91	10,2	11,5	12,7	13,4	14,8	15,3	17,0	17,8	20,4	30	
$d = x\delta$; $x =$	16,46	17,30	18,92	18,76	19,78	20,7	21,8	21,9 22,8	23,9	24,1	26,4		$= x$
$d^2 : i\delta^2 =$	2,42	2,38	2,49	2,17	2,17	2,27	2,26	2,29	2,38	2,31	2,42		$= z$
$q' : q =$	0,99	0,98	0,99	0,97	0,97	0,97	0,97	0,98	0,98	0,98	0,99		$= y$

*) Der erste Factor bezeichnet die Anzahl Litzen im Seile, der zweite (eingeklammerte) Factor die Zahl und Anordnung der Drähte in einer Litze. Der dreidrähtige Litzenkern wird mit Vortheil durch sechs Drähte von der Dicke $\delta' = 0{,}71\,\delta$ ersetzt; der vierdrähtige Litzenkern durch sechs Drähte von der Dicke $\delta' = 0{,}82\,\delta$ (Compound-Litzen); Bezeichnnng (3+9), (4+10).

IIa. Gewöhnliche, zweimal geflochtene Seile.

Aus höchstens acht **vollen** Litzen bestehend.

Werthe von q in cm². q' beiläuf. $= q$ d beiläuf. $= 1{,}77\sqrt{q'}$ (in cm).

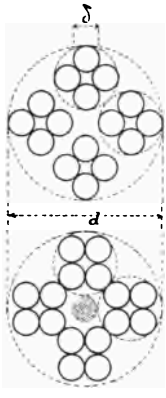
Drahtzahl $i =$	16	20	24	25	30	36	42	48	49	56	60	72	84	96	98	108	Draht-No.	
Seilconstruction*)	4.4	4 5 5.4	4.6 6.4	5.5	5.6 6.5	6.6	7.6	8.6	7.7	7.8	5(3+9)	6(3+9)	6.14 7.12 6(4+10) 7(3+9)	8(3+9)	7.14 7(4+10)	6.18 6(6+12)		
$\delta = 0{,}4$ mm	0,020	0,025	0,030	0,031	0,038	0,045	0,053	0,060	0,062	0,070	0,075	0,090	0,11	0,12	0,12	0,14	4	
0,5 ,,	0,031	0,039	0,047	0,049	0,059	0,071	0,082	0,094	0,096	0,11	0,12	0,14	0,16	0,19	0,19	0,21	5	
0,6 ,,	0,045	0,057	0,038	0,071	0,085	0,10	0,12	0,14	0,14	0,16	0,17	0,20	0,24	0,27	0,28	0,31	6	
0,7 ,,	0,062	0,077	0,092	0,096	0,12	0,14	0,16	0,18	0,19	0,22	0,23	0,28	0,32	0,37	0,38	0,42	7	
0,8 ,,	0,080	0,10	0,12	0,13	0,15	0,18	0,21	0,24	0,25	0,28	0,30	0,36	0,42	0,48	0,49	0,54	8	
0,9 ,,	0,10	0,12	0,15	0,16	0,19	0,23	0,27	0,31	0,31	0,36	0,38	0,46	0,53	0,61	0,62	0,69	9	
$\delta = 1{,}0$ mm	0,13	0,16	0,19	0,20	0,24	0,28	0,33	0,38	0,38	0,44	0,47	0,57	0,66	0,75	0,77	0,85	10	
1,1 ,,	0,15	0,19	0,23	0,24	0,29	0,34	0,40	0,46	0,47	0,53	0,57	0,68	0,80	0,91	0,93	1,03	11	
1,2 ,,	0,18	0,22	0,27	0,28	0,34	0,41	0,47	0,54	0,55	0,63	0,68	0,81	0,95	1,09	1,11	1,22	12	
1,3 ,,	0,21	0,27	0,32	0,33	0,40	0,48	0,56	0,64	0,65	0,74	0,80	0,96	1,11	1,27	1,30	1,43	13	
1,4 ,,	0,25	0,31	0,37	0,38	0,46	0,55	0,65	0,74	0,75	0,86	0,92	1,11	1,29	1,48	1,51	1,66	14	
$\delta = 1{,}5$ mm	0,28	0,35	0,42	0,44	0,53	0,64	0,74	0,85	0,87	0,99	1,06	1,27	1,48	1,70	1,74	1,91	15	
1,6 ,,	0,32	0,40	0,48	0,50	0,60	0,72	0,84	0,96	0,99	1,13	1,21	1,45	1,69	1,93	1,97	2,17	16	
1,7 ,,	0,36	0,45	0,54	0,57	0,68	0,82	0,95	1,09	1,11	1,27	1,36	1,63	1,91	2,18	2,22	2,45	17	
1,8 ,,	0,41	0,51	0,61	0,64	0,76	0,92	1,07	1,22	1,25	1,43	1,53	1,83	2,14	2,44	2,49	2,75	18	
1,9 ,,	0,45	0,57	0,68	0,71	0,85	1,02	1,19	1,36	1,39	1,59	1,70	2,04	2,38	2,72	2,78	3,06	19	
$\delta = 2{,}0$ mm	0,50	0,63	0,75	0,78	0,94	1,13	1,32	1,51	1,54	1,76	1,88	2,26	2,64	3,02	3,08	3,39	20	
2,1 ,,	0,55	0,69	0,83	0,87	1,04	1,25	1,45	1,66	1,70	1,94	2,08	2,49	2,91	3,33	3,39	3,74	21	
2,2 ,,	0,61	0,76	0,91	0,95	1,14	1,37	1,60	1,82	1,86	2,13	2,28	2,74	3,19	3,65	3,73	4,11	22	
2,3 ,,	0,66	0,83	1,00	1,04	1,25	1,50	1,74	1,99	2,04	2,33	2,49	2,99	3,49	3,99	4,07	4,49	23	
2,4 ,,	0,72	0,90	1,09	1,13	1,36	1,63	1,90	2,17	2,22	2,53	2,71	3,26	3,80	4,34	4,43	4,89	24	
$\delta = 2{,}5$ mm	0,79	0,98	1,18	1,23	1,47	1,77	2,05	2,36	2,40	2,75	2,95	3,53	4,12	4,71	4,81	5,30	25	
2,6 ,,	0,85	1,06	1,27	1,33	1,59	1,91	2,23	2,55	2,60	2,97	3,19	3,82	4,46	5,10	5,20	5,73	26	
2,8 ,,	0,99	1,23	1,48	1,54	1,85	2,22	2,59	2,96	3,02	3,45	3,70	4,43	5,17	5,91	6,03	6,65	28	
3,0 ,,	1,13	1,41	1,70	1,77	2,12	2,54	2,97	3,39	3,46	3,96	4,24	5,09	5,94	6,79	6,93	7,63	30	
$d = x\,\delta$; $x =$	6,15	6,92	7,69	7,78	8,65	9,61	10,60	11,59	11,70	12,79	11,35	12,62	13,70	15,20	15,05	15,69	$= x$	
$d : \delta = z =$	2,36	2,39	2,46	2,42	2,49	2,56	2,68	2,80	2,79	2,92	2,15	2,21	2,23	2,40	2,31	2,28	$= z$	
$q' : q =$	0,98	0,98	0,99	0,99	0,99	1,00	1,00	1,01	1,01	1,02	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	$= y$	

Fortsetzung für gewöhnliche Seile.

Drahtzahl $i =$	112	126	144	162	180	189	210	216	240	252	288	Draht-No.
	8.14	7.18	8.18	6.27	6.30	7.27	7.30	6.35 8.27	8.30	7.36	8.36	
Seilconstruction*)	8(4+10)	7(6+12)	8(6+12)	6(3+9+15)	6(4+10+16)	7(3+9+15)	7(4+10+16)	6(6+12+18) 8(3+9+15)	8(4+10+16)	7(6+12+18)	8(6+12+18)	
$\delta = 0{,}4$ mm	0,14	0,16	0,18	0,20	0,23	0,24	0,26	0,27	0,30	0,32	0,36	4
0,5 „	0,22	0,25	0,28	0,32	0,35	0,37	0,41	0,42	0,47	0,49	0,57	5
0,6 „	0,32	0,36	0,41	0,46	0,51	0,53	0,59	0,61	0,68	0,71	0,81	6
0,7 „	0,43	0,48	0,54	0,62	0,69	0,73	0,81	0,83	0,92	0,97	1,11	7
0,8 „	0,56	0,63	0,72	0,81	0,90	0,95	1,06	1,09	1,21	1,27	1,45	8
0,9 „	0,71	0,80	0,92	1,03	1,15	1,20	1,34	1,37	1,53	1,60	1,83	9
$\delta = 1{,}0$ mm	0,88	0,99	1,13	1,27	1,41	1,48	1,65	1,70	1,88	1,98	2,26	10
1,1 „	1,06	1,20	1,37	1,54	1,71	1,80	2,00	2,05	2,28	2,39	2,74	11
1,2 „	1,27	1,42	1,63	1,83	2,01	2,14	2,37	2,44	2,71	2,85	3,26	12
1,3 „	1,49	1,67	1,91	2,15	2,39	2,51	2,79	2,87	3,19	3,34	3,82	13
1,4 „	1,72	1,94	2,22	2,49	2,77	2,91	3,23	3,33	3,69	3,88	4,43	14
$\delta = 1{,}5$ mm	1,98	2,23	2,54	2,86	3,18	3,34	3,71	3,82	4,24	4,45	5,09	15
1,6 „	2,25	2,53	2,90	3,26	3,62	3,80	4,22	4,34	4,83	5,07	5,79	16
1,7 „	2,54	2,86	3,27	3,68	4,09	4,29	4,77	4,90	5,45	5,72	6,54	17
1,8 „	2,85	3,21	3,66	4,12	4,58	4,81	5,34	5,50	6,11	6,41	7,33	18
1,9 „	3,18	3,57	4,08	4,59	5,10	5,36	5,95	6,12	6,80	7,14	8,17	19
$\delta = 2{,}0$ mm	3,52	3,96	4,52	5,09	5,65	5,94	6,60	6,79	7,54	7,92	9,05	20
2,1 „	3,88	4,36	4,99	5,61	6,23	6,55	7,27	7,48	8,31	8,73	9,98	21
2,2 „	4,26	4,79	5,47	6,16	6,84	7,18	7,98	8,21	9,12	9,58	10,9	22
2,3 „	4,65	5,23	5,98	6,73	7,48	7,85	8,72	8,97	9,97	10,5	12,0	23
2,4 „	5,07	5,70	6,51	7,33	8,14	8,55	9,50	9,77	10,9	11,4	13,0	24
$\delta = 2{,}5$ mm	5,50	6,18	7,07	7,95	8,84	9,28	10,3	10,6	11,8	12,4	14,1	25
2,6 „	5,95	6,69	7,64	8,60	9,56	10,0	11,1	11,5	12,7	13,4	15,3	26
2,8 „	6,90	7,76	8,87	9,97	11,1	11,6	12,9	13,3	14,8	15,5	17,7	28
3,0 „	7,92	8,91	10,2	11,5	12,7	13,4	14,8	15,3	17,0	17,8	20,4	30
$d = x\delta$; $x =$	16,46	17,80	18,92	18,76	19,78	20,7	21,8	21,9 22,6	23,9	24,1	26,4	$= x$
$d^2 : i\delta^2 =$	2,42	2,38	2,49	2,17	2,17	2,27	2,26	2,29	2,38	2,31	2,42	$= z$
$q' : q =$	0,99	0,98	0,99	0,97	0,97	0,97	0,97	0,98	0,98	0,98	0,99	$= y$

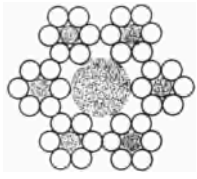
*) Der erste Factor bezeichnet die Anzahl Litzen im Seile, der zweite (eingeklammerte) Factor die Zahl und Anordnung der Drähte in einer Litze. Der dreidrähtige Litzenkern wird mit Vortheil durch sechs Drähte von der Dicke $\delta' = 0{,}71\,\delta$ ersetzt; der vierdrähtige Litzenkern durch sechs Drähte von der Dicke $\delta' = 0{,}82\,\delta$ (Compound-Litzen); Bezeichnnng (3+9), (4+10).

Zu Tab. IIa. Gewöhnliche Seile aus höchstens 8 Litzen.

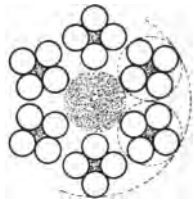


$i = 4.4 = 16$

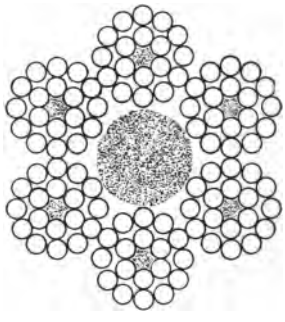
$i = 6.6 = 36$

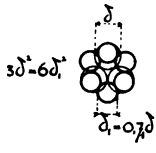


$i = 6.4 = 24$

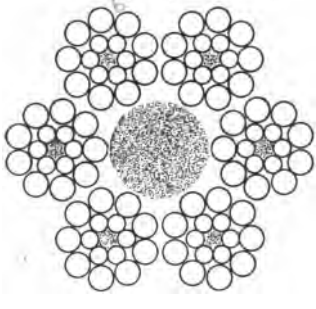


$i = 6\,(6+12) = 108$

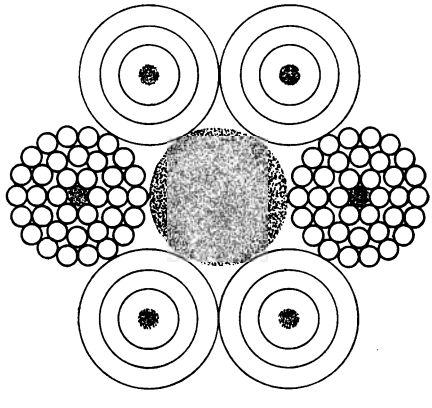




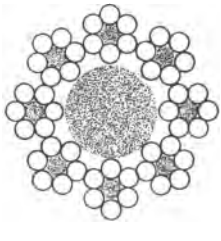
$i = 6\,(6+12) = 108$



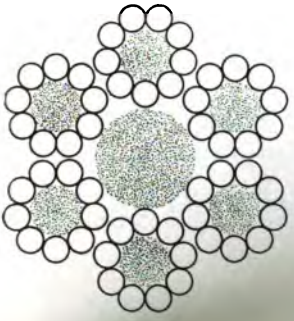
$i = 6\,(6+12+18) = 216$



$i = 8.6 = 48$

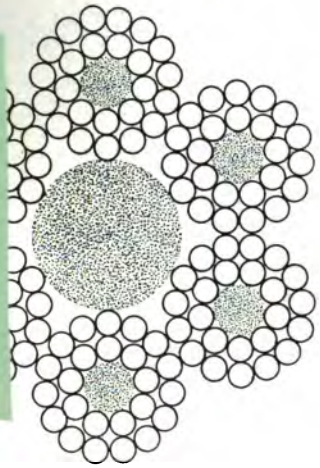


Zu Tab. IIb. Biegsame Seile aus höchstens 8 Litzen.



$i = 6\,(0 + 9) = \mathbf{54}$

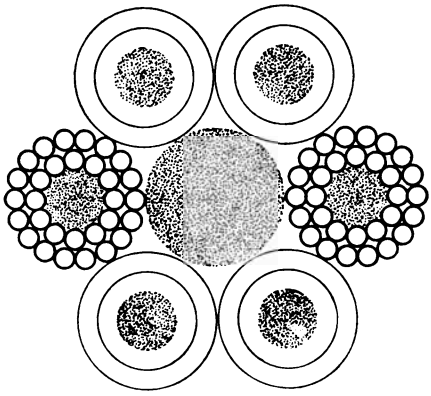
$i = 6\,(0 + 9 + 15) = \mathbf{144}$



Berichtigung.

Auf S. 78 (zu Tab. IIa) sind die beiden mittleren Seilquerschnitte (i = 72 und i = 108) oder aber ihre Ueberschriften zu vertauschen.

$i = 6\,(0 + 12 + 18) = \mathbf{180}$



II b. Biegsame, zweimal geflochtene Seile. (Krahnseile etc.)

Aus höchstens acht **hohlen** Litzen bestehend.

Werthe von q in cm² $\quad q' = q$ bis 1,06 q; $\quad d_{\text{med.}} = 1{,}95\ \sqrt{q'}$ (in cm)

Draht-zahl i =	40	45	48	54	56	60	64	72	80	88	96	110	132	Draht No.
Seilcon-struction*)	5.8	5.9	6.8	6.9	7.8	6.10	8.8	6.12 8.9	8.10	8.11	8.12	5.22	6.22	
	5(o+8) od. 8.5	5(o+9)	6(o+8) od. 8.6	6(o+9)	7(o+8) od. 8.7	6(o+10)	8(o+8)	6(o+12) 8(o+9)	8(o+10)	8(o+11)	8(o+12)	5(o+8+14)	6(o+8+14)	
$\delta = 0{,}4$ mm	0,050	0,057	0,060	0,068	0,070	0,075	0,080	0,090	0,10	0,11	0,12	0,14	0,17	**4**
0,5 „	0,079	0,088	0,094	0,11	0,11	0,12	0,13	0,14	0,16	0,17	0,19	0,22	0,26	**5**
0,6 „	0,11	0,13	0,14	0,15	0,16	0,17	0,18	0,20	0,23	0,25	0,27	0,31	0,37	**6**
0,7 „	0,15	0,17	0,18	0,21	0,22	0,23	0,25	0,28	0,31	0,34	0,37	0,42	0,51	**7**
0,8 „	0,20	0,23	0,24	0,27	0,28	0,30	0,32	0,36	0,40	0,44	0,48	0,55	0,66	**8**
0,9 „	0,25	0,29	0,31	0,34	0,36	0,38	0,41	0,46	0,51	0,56	0,61	0,70	0,84	**9**
$\delta = 1{,}0$ mm	0,31	0,35	0,38	0,42	0,44	0,47	0,50	0,57	0,63	0,69	0,75	0,86	1,04	**10**
1,1 „	0,38	0,43	0,46	0,51	0,53	0,57	0,61	0,68	0,76	0,84	0,91	1,05	1,25	**11**
1,2 „	0,45	0,51	0,54	0,61	0,63	0,68	0,72	0,81	0,90	1,00	1,09	1,24	1,49	**12**
1,3 „	0,53	0,60	0,64	0,72	0,74	0,80	0,85	0,96	1,06	1,17	1,27	1,46	1,75	**13**
1,4 „	0,62	0,69	0,74	0,83	0,86	0,92	0,99	1,11	1,23	1,35	1,48	1,69	2,03	**14**
$\delta = 1{,}5$ mm	0,71	0,80	0,84	0,95	0,99	1,06	1,13	1,27	1,41	1,56	1,70	1,94	2,33	**15**
1,6 „	0,80	0,90	0,96	1,09	1,13	1,21	1,29	1,45	1,61	1,77	1,93	2,21	2,65	**16**
1,7 „	0,91	1,02	1,09	1,23	1,27	1,36	1,45	1,63	1,72	2,00	2,18	2,50	3,00	**17**
1,8 „	1,02	1,15	1,22	1,37	1,43	1,53	1,63	1,83	2,04	2,24	2,44	2,80	3,36	**18**
1,9 „	1,13	1,28	1,36	1,53	1,59	1,70	1,81	2,04	2,27	2,49	2,72	3,12	3,74	**19**
$\delta = 2{,}0$ mm	1,26	1,41	1,51	1,70	1,76	1,88	2,01	2,26	2,51	2,76	3,02	3,46	4,15	**20**
2,1 „	1,39	1,56	1,66	1,87	1,94	2,08	2,22	2,49	2,77	3,05	3,33	3,81	4,57	**21**
2,2 „	1,52	1,71	1,82	2,05	2,13	2,28	2,43	2,74	3,04	3,35	3,65	4,18	5,02	**22**
2,3 „	1,66	1,87	1,99	2,24	2,33	2,49	2,66	2,99	3,33	3,66	3,99	4,57	5,48	**23**
2,4 „	1,81	2,04	2,17	2,44	2,53	2,71	2,90	3,26	3,62	3,98	4,34	4,98	5,97	**24**
$\delta = 2{,}5$ mm	1,96	2,21	2,36	2,65	2,75	2,95	3,14	3,53	3,93	4,32	4,71	5,40	6,48	**25**
2,6 „	2,12	2,39	2,55	2,87	2,97	3,19	3,40	3,82	4,25	4,67	5,10	5,84	7,01	**27**
2,8 „	2,46	2,77	2,96	3,33	3,45	3,69	3,94	4,43	4,93	5,42	5,91	6,77	8,13	**28**
3,0 „	2,83	3,18	3,39	3,82	3,96	4,24	4,52	5,09	5,66	6,22	6,79	7,78	9,33	**30**
$d = x\,\delta; x =$	**10,43**	**11,35**	**11,59**	**12,62**	**12,79**	**13,64**	**13,99**	**15,7 15,2**	**16,46**	**17,69**	**18,92**	**15,96**	**17,73**	$= x$
$d^2 : i\,\delta^2 =$	2,72	2,86	2,80	2,95	2,92	3,10	3,06	3,33	3,39	3,56	3,73	2,32	2,38	$= z$
$q' : q =$	1,01	1,02	1,01	1,02	1,02	1,04	1,03	1,05	1,06	1,07	1,08	0,98	0,98	$= y$

Fortsetzung für biegsame Seile.

Draht-zahl i =	144	156	168	180	182	192	208	240	Draht	No.
Seilconstruction*)	6(0+9+15)	6(0+10+15)	7(0+9+15)	6(0+12+18)	7(0+10+16)	8(0+9+15)	8(0+10+16)	8(0+12+18)		
	6.24	6.26	7.24	6.30	7.26	8.24	8.26	8.30		
$\delta = 0{,}4$ mm	0,18	0,20	0,21	0,23	0,23	0,24	0,26	0,30	$= x$	**4**
0,5 „	0,28	0,31	0,33	0,35	0,36	0,38	0,41	0,47	$= z$	**5**
0,6 „	0,41	0,44	0,48	0,51	0,51	0,54	0,59	0,68	$= y$	**6**
0,7 „	0,55	0,60	0,65	0,69	0,70	0,74	0,80	0,92		**7**
0,8 „	0,72	0,78	0,84	0,90	0,91	0,97	1,05	1,21		**8**
0,9 „	0,92	0,99	1,07	1,15	1,16	1,22	1,32	1,53		**9**
$\delta = 1{,}0$ mm	1,13	1,23	1,32	1,41	1,43	1,51	1,63	1,88		**10**
1,1 „	1,37	1,48	1,60	1,71	1,73	1,82	1,98	2,28		**11**
1,2 „	1,63	1,76	1,90	2,04	2,05	2,17	2,35	2,71		**12**
1,3 „	1,91	2,07	2,23	2,39	2,42	2,55	2,76	3,19		**13**
1,4 „	2,22	2,40	2,59	2,77	2,80	2,96	3,20	3,69		**14**
$\delta = 1{,}5$ mm	2,54	2,76	2,97	3,18	3,22	3,39	3,68	4,24		**15**
1,6 „	2,90	3,14	3,38	3,62	3,66	3,86	4,18	4,83		**16**
1,7 „	3,27	3,54	3,81	4,09	4,13	4,36	4,72	5,45		**17**
1,8 „	3,66	3,97	4,28	4,58	4,63	4,89	5,29	6,11		**18**
1,9 „	4,08	4,42	4,76	5,10	5,16	5,44	5,90	6,80		**19**
$\delta = 2{,}0$ mm	4,52	4,90	5,28	5,65	5,72	6,03	6,53	7,54		**20**
2,1 „	4,99	5,40	5,82	6,23	6,30	6,65	7,20	8,31		**21**
2,2 „	5,47	5,93	6,39	6,84	6,92	7,30	7,91	9,12		**22**
2,3 „	5,98	6,48	6,98	7,48	7,56	7,98	8,64	9,97		**23**
2,4 „	6,51	7,06	7,60	8,14	8,23	8,69	9,41	10,9		**24**
$\delta = 2{,}5$ mm	7,07	7,66	8,25	8,84	8,93	9,42	10,2	11,8		**25**
2,6 „	7,64	8,28	8,92	9,56	9,66	10,2	11,0	12,7		**26**
2,8 „	8,87	9,61	10,3	11,1	11,2	11,8	12,8	14,8		**28**
3,0 „	10,2	11,0	11,9	12,7	12,9	13,6	14,7	17,0		**30**
$d^2 = x\delta; x =$	18,76	19,78	20,7	21,8	21,8	22,6	23,9	26,4	$= x$	
$d^2 : i\delta^2 =$	2,44	2,50	2,55	2,65	2,61	2,66	2,75	2,90	$= z$	
$q' : q =$	0,99	0,99	1,00	1,00	1,00	1,00	1,01	1,02	$= y$	

*) Der erste Factor bedeutet die Anzahl Litzen im Seile, der zweite (eingeklammerte) Factor die Zahl und Anordnung der Drähte in jeder Litze; hierin bezeichnet o die starke Hanfeinlage (Hanfseele) als Litzenkern.

Die aus mehr als 240 Drähten bestehenden zweimal geflochtenen Seile sind (vermöge des mehrfachen Umflechtens der Litzen) sehr unrund, auch weniger biegsam, und werden deshalb gewöhnlich durch dreimal geflochtene Seile (Kabel) ersetzt; siehe die betreffende, später folgende Tabelle (III). Eventuell könnten hierfür die biegsamen Litzen-Spiralseile B, C, D (siehe die nachfolgenden Tabellen) mit Vortheil in Anwendung gebracht werden.

II c. Neunlitzige Seile (mehr weniger biegsam).

Note. Diese Seile sind eo ipso nur in jenen Drahtseil-Fabriken herstellbar, welche eine Seilflechtmaschine für 9 Litzen besitzen; übrigens können dieselben durch die vorangehenden „Biegsamen Seile“ (IIb) ersetzt werden, welche etwas weniger rund sind.

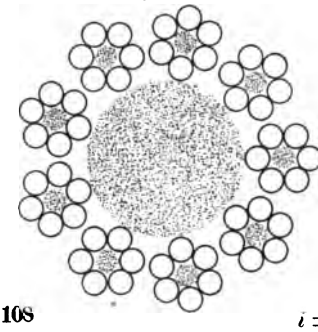
Werthe von q in cm². $q' = q$ bis 1,07 q; $d = 1{,}8$ bis $2{,}1\sqrt{q'}$ (in cm).

Draht-zahl i =	54	72	81	90	108	126	162	243	270	324	Draht No.
Seilconstruction*)	9.6	9.8	9.9	9.10	9(3+9)	9(4+10)	9(6+12)	9(3+9+15)	9(4+10+16)	9(6+12+18)	
$\delta = 0{,}4$ mm	0,07	0,09	0,10	0,11	0,14	0,16	0,20	0,31	0,34	0,41	4
0,5 „	0,11	0,14	0,16	0,18	0,21	0,25	0,32	0,48	0,53	0,64	5
0,6 „	0,15	0,20	0,23	0,25	0,31	0,36	0,46	0,69	0,76	0,92	6
0,7 „	0,21	0,28	0,31	0,35	0,42	0,48	0,62	0,94	1,04	1,25	7
0,8 „	0,27	0,36	0,41	0,45	0,54	0,63	0,81	1,22	1,36	1,63	8
0,9 „	0,34	0,46	0,52	0,57	0,69	0,80	1,03	1,55	1,72	2,06	9
$\delta = 1{,}0$ mm	0,42	0,57	0,64	0,71	0,85	0,99	1,27	1,91	2,12	2,54	10
1,1 „	0,51	0,68	0,77	0,86	1,03	1,20	1,54	2,31	2,57	3,08	11
1,2 „	0,61	0,81	0,92	1,02	1,22	1,42	1,83	2,75	3,05	3,66	12
1,3 „	0,72	0,96	1,08	1,19	1,43	1,67	2,15	3,23	3,58	4,30	13
1,4 „	0,83	1,11	1,25	1,39	1,66	1,94	2,49	3,74	4,16	4,99	14
$\delta = 1{,}5$ mm	0,95	1,27	1,43	1,59	1,91	2,23	2,86	4,29	4,77	5,73	15
1,6 „	1,09	1,45	1,63	1,81	2,17	2,53	3,26	4,89	5,43	6,51	16
1,7 „	1,22	1,63	1,84	2,04	2,45	2,86	3,68	5,52	6,13	7,35	17
1,8 „	1,37	1,83	2,05	2,29	2,75	3,21	4,12	6,18	6,87	8,24	18
1,9 „	1,53	2,04	2,30	2,55	3,06	3,57	4,59	6,89	7,66	9,19	19
$\delta = 2{,}0$ mm	1,70	2,26	2,54	2,83	3,39	3,96	5,09	7,63	8,48	10,2	20
2,1 „	1,87	2,49	2,81	3,12	3,74	4,36	5,61	8,42	9,35	11,2	21
2,2 „	2,05	2,74	3,08	3,42	4,11	4,79	6,16	9,24	10,3	12,3	22
2,3 „	2,24	2,99	3,37	3,74	4,49	5,23	6,73	10,1	11,2	13,5	23
2,4 „	2,44	3,26	3,66	4,06	4,89	5,70	7,33	11,0	12,2	14,7	24
$\delta = 2{,}5$ mm	2,65	3,53	3,98	4,42	5,30	6,18	7,95	11,9	13,3	15,9	25
2,6 „	2,87	3,82	4,30	4,78	5,73	6,69	8,60	12,9	14,3	17,2	26
2,8 „	3,32	4,43	4,99	5,54	6,65	7,76	9,97	15,0	16,6	20,0	28
3,0 „	3,82	5,09	5,73	6,36	7,63	8,91	11,5	17,2	19,1	22,9	30
$d = x\delta$; $x =$	12,62	15,22	16,56	17,90	16,81	18,15	20,92	25,00	26,37	29,14	$= x$
$d^2 : i\delta^2 =$	2,95	3,22	3,38	3,56	2,62	2,61	2,70	2,57	2,57	2,62	$= z$
$q' : q =$	1,02	1,05	1,06	1,07	1,00	1,00	1,01	1,00	1,00	1,00	$= y$

*) Der zweite (zumeist eingeklammerte) Factor bezeichnet die Anzahl und Anordnung der Drähte in einer Litze. Der dreidrähtige Litzenkern wird mit Vortheil stets durch sechs Drähte von der Dicke $\delta' = 0{,}71\,\delta$ ersetzt; der vierdrähtige Litzenkern kann vortheilhaft durch sechs Drähte von der Dicke $\delta' = 0{,}82\,\delta$ ersetzt werden (Compound-Litzen).

Zu Tab. II c. Neunlitzige Seile.

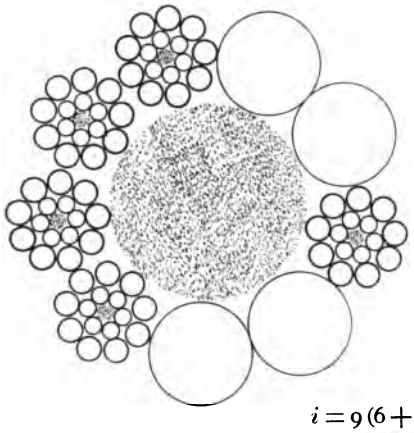
$i = 9.6 = 54$



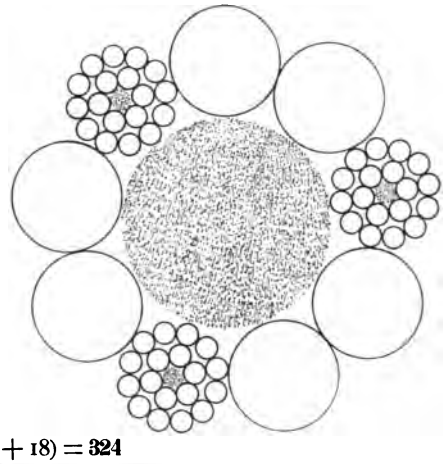
$i = 9\,(3 + 9) = 108$

$\vdots$

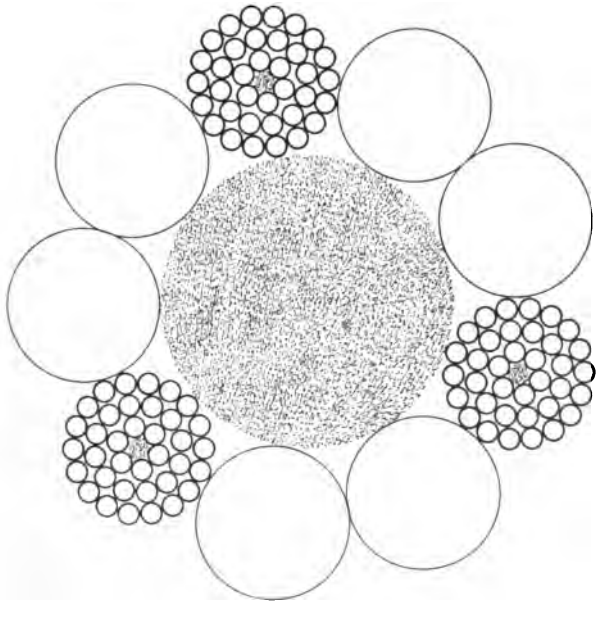
6



$i = 9\,(6 + 12) = 162$



$i = 9\,(6 + 12 + 18) = 324$



A. Aus sechsdrähtigen Litzen bestehende Spiralseile.

Normale Litzen-Spiralseile.

Werthe von q in cm². $q' = 0{,}97\,q$ (nahe $= q$); $d = 1{,}70\sqrt{q'}$ (in cm).

Draht-zahl i =	30	36	42	48	60	72	84	108	144	162	180	216	264	288	312	360	Draht-No.		
Litzen à 6 Dr.	5	6	7	8	10	12	14	18	24	27	30	36	44	48	52	60			
Anordnung der Litzen*)	·	·	·	·	2+8	3+9	4+10	6+12	2+8 +14	3+9 +15	4+10 +16	6+12 +18	2+8 +14+20	3+9 +15+21	4+10 +16+22	6+12 +18+24			
$\delta = 0{,}4$ mm	0,028	0,045	0,053	0,060	0,075	0,090	0,11	0,14	0,18	0,20	0,23	0,27	0,33	0,36	0,39	0,45	4	10	20
0,5 „	0,059	0,071	0,082	0,094	0,12	0,14	0,16	0,21	0,28	0,32	0,35	0,42	0,52	0,57	0,61	0,71	5	11	21
0,6 „	0,085	0,10	0,12	0,14	0,17	0,20	0,24	0,31	0,41	0,46	0,51	0,61	0,75	0,81	0,88	1,02	6	12	22
0,7 „	0,12	0,14	0,16	0,18	0,23	0,28	0,32	0,42	0,55	0,62	0,69	0,83	1,02	1,11	1,20	1,39	7	13	23
0,8 „	0,15	0,18	0,21	0,24	0,30	0,36	0,42	0,54	0,72	0,81	0,90	1,09	1,33	1,45	1,57	1,81	8	14	24
0,9 „	0,19	0,23	0,27	0,31	0,38	0,46	0,53	0,69	0,92	1,03	1,15	1,37	1,68	1,83	1,98	2,29	9	15	25
$\delta = 1{,}0$ mm	0,24	0,28	0,33	0,38	0,47	0,57	0,66	0,85	1,13	1,27	1,41	1,70	2,07	2,26	2,45	2,83	10	16	26
1,1 „	0,29	0,34	0,40	0,46	0,57	0,68	0,80	1,03	1,37	1,54	1,71	2,05	2,51	2,74	2,96	3,42	11	17	27
1,2 „	0,34	0,41	0,47	0,54	0,68	0,81	0,95	1,22	1,63	1,83	2,04	2,44	2,99	3,26	3,53	4,07	12	18	28
1,3 „	0,40	0,48	0,56	0,64	0,80	0,96	1,11	1,43	1,91	2,15	2,39	2,87	3,50	3,82	4,14	4,78	13	19	29
1,4 „	0,46	0,55	0,65	0,74	0,93	1,11	1,29	1,66	2,22	2,49	2,77	3,33	4,05	4,43	4,80	5,54	14	20	30
$\delta = 1{,}5$ mm	0,53	0,64	0,74	0,85	1,06	1,27	1,48	1,91	2,54	2,86	3,18	3,82	4,66	5,09	5,51	6,36	15	21	31
1,6 „	0,60	0,72	0,84	0,96	1,21	1,45	1,69	2,17	2,90	3,26	3,62	4,34	5,31	5,79	6,27	7,24	16	22	32
1,7 „	0,68	0,82	0,95	1,09	1,36	1,63	1,91	2,45	3,27	3,68	4,09	4,90	5,99	6,54	7,08	8,17	17	23	33
1,8 „	0,76	0,92	1,07	1,22	1,53	1,83	2,14	2,75	3,66	4,12	4,58	5,50	6,72	7,33	7,94	9,16	18	24	34
1,9 „	0,85	1,02	1,19	1,36	1,70	2,04	2,38	3,06	4,08	4,59	5,10	6,12	7,48	8,17	8,85	10,2	19	25	35
$\delta = 2{,}0$ mm	0,94	1,13	1,32	1,51	1,88	2,26	2,64	3,39	4,52	5,09	5,65	6,79	8,29	9,05	9,80	11,3	20	26	36
2,1 „	1,04	1,25	1,45	1,66	2,08	2,49	2,91	3,74	4,99	5,61	6,23	7,48	9,14	9,98	10,8	12,5	21	27	37
2,2 „	1,14	1,37	1,60	1,82	2,28	2,74	3,19	4,11	5,47	6,16	6,84	8,21	10,0	10,9	11,9	13,7	22	28	38
2,3 „	1,25	1,50	1,74	1,99	2,49	2,99	3,49	4,49	5,98	6,73	7,48	8,97	11,0	12,0	13,0	15,0	23	29	39
2,4 „	1,35	1,63	1,90	2,17	2,71	3,26	3,80	4,89	6,51	7,33	8,14	9,77	11,9	13,0	14,1	16,3	24	30	40
$\delta = 2{,}5$ mm	1,47	1,77	2,06	2,35	2,95	3,53	4,12	5,30	7,07	7,95	8,84	10,6	13,0	14,1	15,3	17,7	25	31	41
2,6 „	1,59	1,91	2,23	2,55	3,19	3,82	4,46	5,73	7,64	8,60	9,56	11,5	14,0	15,3	16,6	19,1	26	32	42
2,8 „	1,85	2,22	2,59	2,95	3,70	4,43	5,17	6,65	8,87	9,97	11,1	13,3	16,3	17,7	19,2	22,2	27	33	43
3,0 „	2,12	2,54	2,97	3,39	4,24	5,09	5,94	7,63	10,2	11,5	12,7	15,3	18,7	20,4	22,1	25,4	28	34	44
$d = x\delta$; $x =$	8,65	9,61	10,60	11,59	11,59	12,62	13,64	15,69	17,73	18,75	19,78	21,9	23,9	24,9	26,0	28,0	$= x$		
$i : i\,\delta^2 =$	2,49	2,5	2,68	2,80	2,24	2,21	2,21	2,28	2,18	2,17	2,17	2,22	2,16	2,15	2,17	2,18	$= z$		
$q' : q =$	0,99	1,00	1,00	1,01	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	$= y$		

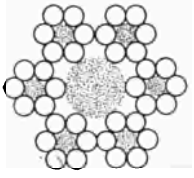
*) Der zweilitzige Seilkern (2 Litzen à 6 Dr.) wird durch 4 Litzen à 6 Drähte von der Dicke $\delta' = 0{,}71\,\delta$, der dreilitzige Kern (3 Litzen à 6 Dr.) durch 6 Litzen à 6 Drähte von der Dicke $\delta' = 0{,}71\,\delta$ ersetzt. Der vierlitzige Kern kann vortheilhaft durch sechs Litzen à 6 Drähte von der Dicke $\delta' = 0{,}82\,\delta$ ersetzt werden. Bezeichnung bezw. 2+8 (4) . . ., 3+9 (6) . . ., 4+10 (6) . . . (Compound-Seile).

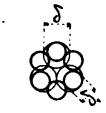
Zu Tab. A. Spiralseile aus 6 dräht. Litzen.

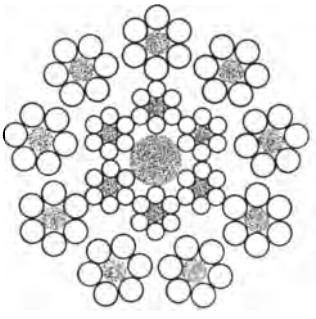
$i = (3 + 9)\,6 = 72$

6

$i = 6.6 = 36$

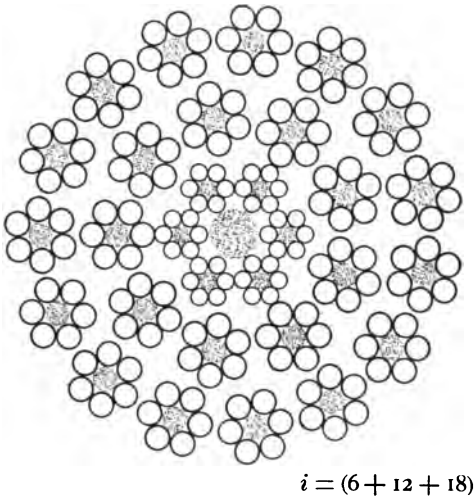






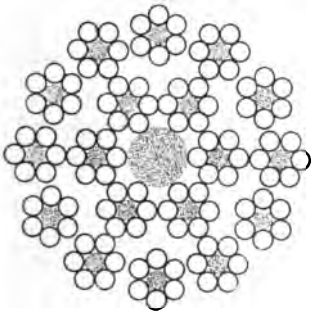
$i = (3 + 9 + 15)\,6 = 162$

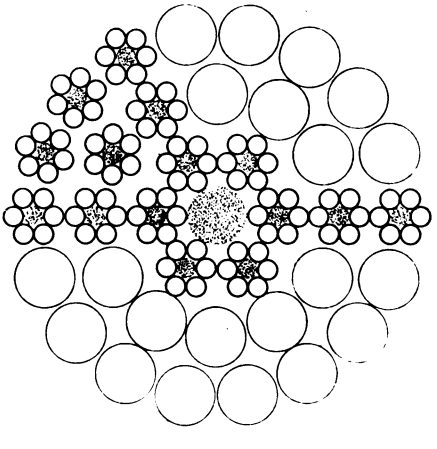
6



$i = (6 + 12 + 18)\,6 = 216$

$i = (6 + 12)\,6 = 108$





B. Aus achtdrähtigen Litzen bestehende Spiralseile.

Mässig biegsame Litzen-Spiralseile.

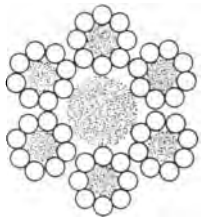
Werthe von q in cm². $q' = 0{,}985\, q$ (nahe $= q$); $d = 1{,}77\sqrt{q'}$ (in cm).

Draht-zahl $i =$	Litzen à 8 Dr.	40	48	56	64	80	96	112	144	192	216	240	288	352	384	416	480	Draht-No.	
	Anordnung der Litzen*)	5	6	7	8	10	12	14	18	24	27	30	36	44	48	52	60		
		·	·	·	·	2+8	3+9	4+10	6+12	2+8 +14	3+9 +15	4+10 +16	6+12 +18	2+8 +14+20	3+9 +15+21	4+10 +16+22	6+12 +18+24		
$\delta = 0{,}3$ mm		0,028	0,034	0,040	0,045	0,057	0,068	0,079	0,10	0,14	0,15	0,17	0,20	0,25	0,27	0,29	0,34	3	$= x$
0,4	„	0,050	0,060	0,070	0,080	0,10	0,12	0,14	0,18	0,24	0,27	0,30	0,36	0,44	0,48	0,52	0,60	4	
0,5	„	0,079	0,094	0,11	0,13	0,16	0,19	0,22	0,28	0,38	0,42	0,47	0,57	0,69	0,75	0,82	0,94	5	
$\delta = 0{,}6$ mm		0,11	0,14	0,16	0,18	0,23	0,27	0,32	0,41	0,54	0,61	0,68	0,81	1,00	1,09	1,18	1,36	6 7 8 9	
0,7	„	0,15	0,18	0,22	0,25	0,31	0,37	0,43	0,55	0,74	0,83	0,92	1,11	1,35	1,48	1,60	1,85		
0,8	„	0,20	0,24	0,28	0,32	0,40	0,48	0,56	0,72	0,97	1,09	1,21	1,45	1,77	1,93	2,09	2,41		
0,9	„	0,25	0,31	0,35	0,41	0,51	0,61	0,71	0,92	1,22	1,37	1,53	1,83	2,24	2,44	2,65	3,05		
$\delta = 1{,}0$ mm		0,31	0,38	0,44	0,50	0,63	0,75	0,88	1,13	1,51	1,70	1,88	2,26	2,76	3,02	3,27	3,77	10 11 12 13 14	
1,1	,	0,38	0,46	0,53	0,61	0,76	0,91	1,06	1,37	1,82	2,05	2,28	2,74	3,34	3,65	3,95	4,56		
1,2	„	0,45	0,54	0,63	0,72	0,90	1,09	1,27	1,63	2,17	2,44	2,71	3,26	3,98	4,34	4,70	5,43		
1,3	„	0,53	0,64	0,74	0,85	1,06	1,27	1,49	1,91	2,55	2,87	3,18	3,82	4,67	5,10	5,52	6,37		
1,4	„	0,62	0,74	0,86	0,99	1,23	1,48	1,72	2,22	2,96	3,33	3,69	4,43	5,42	5,91	6,40	7,39		
$\delta = 1{,}5$ mm		0,71	0,86	0,99	1,13	1,41	1,70	1,98	2,54	3,39	3,82	4,24	5,09	6,22	6,79	7,35	8,48	15 16 17 18 19	
1,6	„	0,80	0,96	1,13	1,29	1,61	1,93	2,25	2,90	3,86	4,34	4,82	5,79	7,08	7,72	8,36	9,65		
1,7	„	0,91	1,09	1,27	1,45	1,82	2,18	2,54	3,27	4,36	4,90	5,45	6,54	7,99	8,72	9,44	10,9		
1,8	„	1,02	1,22	1,43	1,63	2,04	2,44	2,85	3,66	4,89	5,50	6,11	7,33	8,96	9,77	10,6	12,2		
1,9	„	1,13	1,36	1,59	1,81	2,27	2,72	3,18	4,08	5,44	6,12	6,80	8,17	9,98	10,9	11,8	13,6		
$\delta = 2{,}0$ mm		1,26	1,51	1,76	2,01	2,51	3,02	3,52	4,52	6,03	6,79	7,54	9,05	11,1	12,1	13,1	15,1	20 21 22 23 24	
2,1	„	1,39	1,65	1,94	2,22	2,77	3,33	3,88	4,99	6,65	7,48	8,31	9,97	12,2	13,3	14,4	16,6		
2,2	„	1,52	1,82	2,13	2,43	3,04	3,65	4,26	5,47	7,30	8,21	9,12	10,9	13,4	14,6	15,8	18,2		
2,3	„	1,65	1,99	2,33	2,66	3,32	3,99	4,65	5,98	7,98	8,97	9,97	12,0	14,6	16,0	17,3	19,9		
2,4	„	1,81	2,17	2,53	2,90	3,62	4,34	5,07	6,51	8,69	9,77	10,9	13,0	15,9	17,4	18,8	21,7		
$\delta = 2{,}5$ mm		1,96	2,36	2,75	3,14	3,93	4,71	5,50	7,07	9,42	10,6	11,8	14,1	17,3	18,9	20,4	23,6		
$d = x\delta$; $x =$		10,48	11,59	12,79	13,99	13,19	15,22	16,46	18,93	21,4	22,6	23,9	26,4	28,8	30,1	31,3	33,8		$= x$
$d^2 : i\delta^2 =$		2,72	2,80	2,92	3,06	2,45	2,41	2,42	2,49	2,38	2,37	2,39	2,42	2,36	2,36	2,36	2,38		$= z$
$q' : q =$		1,01	1,01	1,02	1,03	0,99	0,98	0,99	0,99	0,98	0,98	0,98	0,99	0,98	0,98	0,98	0,98		$= y$

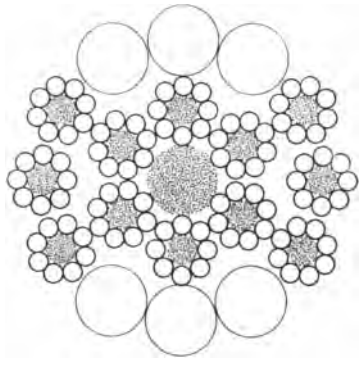
*) Der zweilitzige Seilkern (2 Litzen à 8 Dr.) wird durch 4 Litzen à 8 Drähte von der Dicke $\delta' = 0{,}71\,\delta$, der dreilitzige Kern (3 Litzen à 8 Dr.) durch 6 Litzen à 8 Drähte von der Dicke $\delta' = 0{,}71\,\delta$ ersetzt. Der vierlitzige Kern kann vortheilhaft durch sechs Litzen à 8 Drähte von der Dicke $\delta' = 0{,}82\,\delta$ ersetzt werden. Bezeichnung bezw. 2+8 . . ., 3+9 . . ., 4+10 . . . (Compound-Seile).

Zu Tab. B. Spiralseile aus 8 dräht. Litzen.

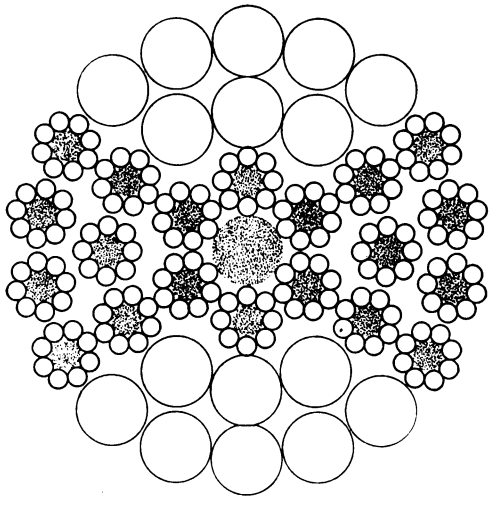
$i = 6.8 = \mathbf{48}$



$i = (6 + 12)\,8 = \mathbf{144}$



$i = (6 + 12 + 18)\,8 = \mathbf{288}$



C. Aus neundrähtigen Litzen bestehende Spiralseile.

Biegsame Litzen-Spiralseile.

Werthe von q in cm². $q' = 0{,}99\,q$ (nahe $= q$); $d = 1{,}81\sqrt{q'}$ (in cm).

Draht-zahl i =	45	54	63	72	90	108	126	162	216	243	270	324	396	432	468	540	Draht-No.		
Litzen à 9 Dr.	5	6	7	8	10	12	14	18	24	27	30	36	44	48	52	60			
Anordnung der Litzen*)	·	·	·	·	2+8	3+9	4+10	6+12	2+8 +14	3+9 +15	4+10 +16	6+12 +18	2+8 +14+20	3+9 +15+21	4+10 +16+22	6+12 +18+24			
$\delta = 0{,}3$ mm	0,032	0,038	0,045	0,051	0,064	0,076	0,089	0,11	0,15	0,17	0,19	0,23	0,28	0,31	0,33	0,38	3	$= x$	
0,4 „	0,057	0,068	0,079	0,090	0,11	0,14	0,16	0,20	0,27	0,31	0,34	0,41	0,50	0,54	0,59	0,69	4	$= z$	
0,5 „	0,088	0,11	0,12	0,14	0,17	0,21	0,25	0,32	0,42	0,48	0,53	0,64	0,78	0,85	0,92	1,06	5	$= y$	
$\delta = 0{,}6$ mm	0,13	0,15	0,18	0,20	0,25	0,31	0,36	0,46	0,61	0,69	0,76	0,92	1,12	1,22	1,32	1,53	6		
0,7 „	0,17	0,21	0,24	0,28	0,35	0,42	0,48	0,62	0,83	0,94	1,04	1,25	1,52	1,66	1,80	2,08	7		
0,8 „	0,23	0,27	0,32	0,36	0,45	0,54	0,63	0,81	1,09	1,22	1,36	1,63	1,99	2,17	2,35	2,71	8		
0,9 „	0,29	0,34	0,40	0,46	0,57	0,69	0,80	1,03	1,37	1,55	1,72	2,06	2,52	2,75	2,98	3,43	9		
$\delta = 1{,}0$ mm	0,35	0,42	0,49	0,57	0,71	0,85	0,99	1,27	1,70	1,91	2,12	2,54	3,11	3,39	3,68	4,24	10		
1,1 „	0,43	0,51	0,60	0,68	0,86	1,03	1,20	1,54	2,05	2,31	2,57	3,08	3,76	4,11	4,45	5,13	11		
1,2 „	0,51	0,61	0,71	0,81	1,02	1,22	1,42	1,83	2,44	2,75	3,05	3,66	4,48	4,89	5,29	6,11	12		
1,3 „	0,60	0,72	0,84	0,96	1,19	1,43	1,67	2,15	2,87	3,23	3,58	4,30	5,26	5,73	6,21	7,17	13		
1,4 „	0,69	0,83	0,97	1,11	1,39	1,66	1,94	2,49	3,33	3,74	4,16	4,99	6,10	6,65	7,20	8,31	14		
$\delta = 1{,}5$ mm	0,80	0,95	1,11	1,27	1,59	1,91	2,23	2,86	3,82	4,29	4,77	5,73	7,00	7,63	8,27	9,54	15		
1,6 „	0,90	1,09	1,27	1,45	1,81	2,17	2,53	3,26	4,34	4,89	5,43	6,51	7,96	8,68	9,41	10,9	16		
1,7 „	1,02	1,23	1,43	1,63	2,04	2,45	2,86	3,68	4,90	5,52	6,13	7,35	8,99	9,80	10,6	12,3	17		
1,8 „	1,15	1,37	1,60	1,83	2,29	2,75	3,21	4,12	5,50	6,18	6,87	8,24	10,1	11,0	11,9	13,7	18		
1,9 „	1,28	1,53	1,79	2,04	2,55	3,06	3,57	4,59	6,12	6,89	7,66	9,19	11,2	12,2	13,3	15,3	19		
$\delta = 2{,}0$ mm	1,41	1,70	1,98	2,26	2,83	3,39	3,96	5,09	6,79	7,63	8,48	10,2	12,4	13,6	14,7	17,0	20		
2,1 „	1,56	1,87	2,18	2,49	3,12	3,74	4,36	5,61	7,48	8,42	9,35	11,2	13,7	15,0	16,2	18,7	21		
2,2 „	1,71	2,05	2,39	2,74	3,42	4,11	4,79	6,16	8,21	9,24	10,3	12,3	15,1	16,4	17,8	20,5	22		
2,3 „	1,87	2,24	2,62	2,99	3,74	4,49	5,23	6,73	8,97	10,1	11,2	13,5	16,5	17,9	19,4	22,4	23		
2,4 „	2,04	2,44	2,85	3,26	4,07	4,89	5,70	7,33	9,77	11,0	12,2	14,7	17,9	19,5	21,2	24,4	24		
$\delta = 2{,}5$ mm	2,21	2,65	3,09	3,53	4,42	5,30	6,18	7,95	10,6	11,9	13,3	15,9	19,4	21,2	23,0	26,5	25		
$d = x\delta$; $x =$	11,85	12,61	13,92	15,22	15,22	16,56	17,91	20,6	23,3	24,6	26,0	28,7	31,4	32,7	34,1	36,8			
$d^2 : i\delta^2 =$	2,85	2,94	3,08	3,22	2,57	2,54	2,55	2,62	2,51	2,49	2,50	2,54	2,49	2,48	2,49	2,51			
$q' : q =$	1,02	1,02	1,03	1,05	0,99	0,99	1,00	1,00	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99			

*) Der zweilitzige Seilkern (2 Litzen à 9 Dr.) wird durch 4 Litzen à 9 Drähte von der Dicke $\delta' = 0{,}71\,\delta$, der dreilitzige Kern (3 Litzen à 9 Dr.) durch 6 Litzen à 9 Drähte von der Dicke $\delta' = 0{,}71\,\delta$ ersetzt. Der vierlitzige Kern kann vortheilhaft durch 6 Litzen à 9 Drähte von der Dicke $\delta' = 0{,}82\,\delta$ ersetzt werden. Bezeichnung bezw. 2+8 . . ., 3+9 . . ., 4+10 . . . (Compound-Seile).

4 6 6

D. Aus zehndrähtigen Litzen bestehende Spiralseile.

Sehr biegsame Litzen-Spiralseile.

Werthe von q in cm². $\quad q' = q.$ $\quad d = 1{,}85\sqrt{q'}$ (in cm).

Draht-zahl i =	50	60	70	80	100	120	140	180	240	270	300	360	440	480	520	600	Draht-No.	
Litzen à 10 Dr.	5	6	7	8	10	12	14	18	24	27	30	36	44	48	52	60		
Anordnung der Litzen *)	.	.	.	.	2+8	3+9	4+10	6+12	2+8 +14	3+9 +15	4+10 +16	6+12 +18	2+8 +14+20	3+9 +15+21	4+10 +16+22	6+12 +18+24		
$\delta = 0{,}3$ mm	0,035	0,042	0,049	0,057	0,071	0,085	0,099	0,13	0,17	0,19	0,21	0,25	0,31	0,34	0,37	0,42	3	$= x$
0,4 „	0,063	0,075	0,088	0,10	0,13	0,15	0,18	0,23	0,30	0,34	0,38	0,45	0,55	0,60	0,65	0,75	4	$= z$
0,5 „	0,098	0,12	0,14	0,16	0,20	0,24	0,27	0,35	0,47	0,53	0,59	0,71	0,86	0,94	1,02	1,18	5	$= y$
$\delta = 0{,}6$ mm	0,14	0,17	0,20	0,23	0,28	0,34	0,40	0,51	0,68	0,76	0,85	1,02	1,24	1,36	1,47	1,70	6	
0,7 „	0,19	0,23	0,27	0,31	0,38	0,46	0,54	0,69	0,92	1,04	1 15	1,39	1,69	1,85	2,03	2,31	7	
0,8 „	0,25	0,30	0,35	0,40	0,50	0,60	0,70	0,90	1,21	1,36	1,51	1,81	2,21	2,41	2,61	3,02	8	
0,9 „	0,32	0,38	0,45	0,51	0,64	0,76	0,89	1,15	1,53	1,72	1,91	2,29	2,79	3,05	3,31	3,82	9	
$\delta = 1{,}0$ mm	0,39	0,47	0,55	0,63	0,79	0,94	1,10	1,41	1,88	2,12	2,36	2,83	3,46	3,77	4,08	4,71	10	
1,1 „	0,48	0,57	0,67	0,76	0,95	1,14	1,33	1,71	2,28	2,57	2,85	3,42	4,18	4,56	4,94	5,70	11	
1,2 „	0,57	0,68	0,79	0,90	1,13	1,36	1,58	2,04	2,71	3,05	3,39	4,07	4,98	5,43	5,88	6,79	12	
1,3 „	0,66	0,80	0,93	1,06	1,33	1,59	1,86	2,39	3,18	3,58	3,98	4,78	5,84	6,37	6,90	7,96	13	
1,4 „	0,77	0,92	1,08	1,23	1,54	1,85	2,16	2,77	3,69	4,16	4,62	5,54	6,77	7,39	8,00	9,24	14	
$\delta = 1{,}5$ mm	0,88	1,06	1,24	1,41	1,77	2,12	2,47	3,18	4,24	4,77	5,30	6,36	7,78	8,48	9,19	10,6	15	
1,6 „	1,01	1,21	1,41	1,61	2,01	2,41	2,81	3,62	4,82	5,43	6,03	7,24	8,85	9,65	10,5	12,1	16	
1,7 „	1,13	1,36	1,59	1,82	2,27	2,72	3,18	4,09	5,45	6,13	6,81	8,17	9,99	10,9	11,8	13,6	17	
1,8 „	1,27	1,53	1,78	2,04	2,54	3,05	3,56	4,58	6,11	6,87	7,63	9,16	11,2	12,2	13,2	15,3	18	
1,9 „	1,42	1,70	1,98	2,27	2,84	3,40	3,97	5,10	6,80	7,66	8,51	10,2	12,5	13,6	14,7	17,0	19	
$\delta = 2{,}0$ mm	1,57	1,88	2,20	2,51	3,14	3,77	4,40	5,65	7,54	8,48	9,42	11,3	13,8	15,1	16,3	18,8	20	
2,1 „	1,73	2,08	2,42	2,77	3,46	4,16	4,85	6,23	8,31	9,35	10,4	12,5	15,2	16,6	18,0	20,8	21	
2,2 „	1,90	2,28	2,66	3,04	3,80	4,56	5,32	6,84	9,12	10,3	11,4	13,7	16,7	18,2	19,8	22,8	22	
2,3 „	2,08	2,49	2,91	3,32	4,15	4,99	5,82	7,48	9,97	11,2	12,5	15,0	18,3	19,9	21,6	24,9	23	
2,4 „	2,26	2,71	3,17	3,62	4,52	5,43	6,33	8,14	10,9	12,2	13,6	16,3	19,9	21,7	23,5	27,1	24	
$\delta = 2{,}5$ mm	2,45	2,95	3,44	3,93	4,91	5,89	6,87	8,84	11,8	13,3	14,7	17,7	21,6	23,6	25,5	29,5	25	
$d = x\,\delta$; $x =$	12,3	13,6	15,1	16,5	16,5	17,9	19,4	22,3	25,2	26,6	28,1	31,0	34,0	35,5	37,0	40,0		$= x$
$d^2 : i\,\delta^2 =$	3,03	3,08	3,26	3,40	2,72	2,67	2,69	2,76	2,65	2,62	2,63	2,67	2,63	2,63	2,63	2,66		$= z$
$q' : q =$	1,03	1,03	1,03	1,06	1,01	1,00	1,01	1,01	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00		$= y$

*) Der zweilitzige Seilkern (2 Litzen à 10 Drähte) wird durch 4 Litzen à 10 Drähte von der Dicke $\delta' = 0{,}71\,\delta$, der dreilitzige Kern (3 Litzen à 10 Dr.) durch 6 Litzen à 10 Drähte von der Dicke $\delta' = 0{,}71\,\delta$ ersetzt. Der vierlitzige Kern kann vortheilhaft durch 6 Litzen à 10 Drähte von der Dicke $\delta' = 0{,}82\,\delta$ ersetzt werden. Bezeichnung bezw. 2+8 . . , 3+9 . . „ 4+10 . . . (Compound-Seile).

Ad C und D. Extra biegsame Litzen-Spiralseile.

(Mit verdicktem Hanfkern im Seilmittel.)

ad C. aus **neundrähtigen** Litzen.

Werthe von q in cm². $q' = 1{,}01\,q$. $d = 1{,}88\sqrt{q'}$ (in cm).

Drahtzahl i =	81	90	108	216	234	270	405	432	486	Draht-
Litzen à 9 Dr.*)	o+9	o+10	o+12	o+9 +15	o+10 +16	o+12 +18	o+9 +15+21	o+10 +16+22	o+12 +18+24	No.
$\delta = 0{,}3$ mm	0,06	0,06	0,08	0,15	0,17	0,19	0,29	0,31	0,34	3
0,4 „	0,10	0,11	0,14	0,27	0,29	0,34	0,51	0,54	0,61	4
0,5 „	0,16	0,18	0,21	0,42	0,46	0,53	0,80	0,85	0,95	5
$\delta = 0{,}6$ mm	0,23	0,25	0,31	0,61	0,66	0,76	1,14	1,22	1,37	6
0,7 „	0,31	0,35	0,42	0,83	0,90	1,04	1,56	1,66	1,87	7
0,8 „	0,41	0,45	0,54	1,09	1,18	1,36	2,04	2,17	2,44	8
0,9 „	0,52	0,57	0,69	1,37	1,49	1,72	2,58	2,75	3,09	9
$\delta = 1{,}0$ mm	0,64	0,71	0,85	1,70	1,84	2,12	3,18	3,39	3,82	10
1,1 „	0,77	0,86	1,03	2,05	2,22	2,57	3,85	4,11	4,62	11
1,2 „	0,92	1,02	1,22	2,44	2,65	3,05	4,58	4,89	5,50	12
1,3 „	1,08	1,19	1,43	2,87	3,11	3,58	5,38	5,73	6,45	13
1,4 „	1,25	1,39	1,66	3,33	3,60	4,16	6,23	6,65	7,48	14
$\delta = 1{,}5$ mm	1,43	1,59	1,91	3,82	4,13	4,77	7,16	7,63	8,59	15
1,6 „	1,63	1,81	2,17	4,34	4,70	5,43	8,14	8,68	9,77	16
1,7 „	1,84	2,04	2,45	4,90	5,31	6,13	9,19	9,80	11,0	17
1,8 „	2,06	2,29	2,75	5,50	5,96	6,87	10,3	11,0	12,4	18
1,9 „	2,30	2,55	3,06	6,12	6,64	7,66	11,5	12,2	13,8	19
$\delta = 2{,}0$ mm	2,54	2,83	3,39	6,79	7,35	8,48	12,7	13,6	15,3	20
$d = x\delta$; x =	**16,6**	**17,9**	**20,6**	**24,6**	**26,0**	**28,7**	**32,7**	**34,1**	**36,8**	$= x$
$d^2 : i\delta^2$ =	3,38	3,55	3 93	2,80	2,89	3,05	2,64	2,69	2,79	$= z$
$q' : q$ =	*1,06*	*1,07*	*1,10*	*1,01*	*1,02*	*1,03*	*1,00*	*1,01*	*1,01*	$= y$

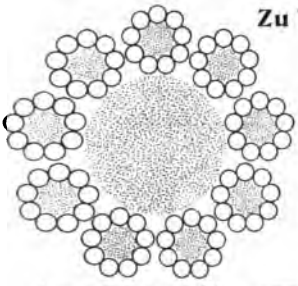
ad D. aus **zehndrähtigen** Litzen.

Werthe von q in cm². $q' = 1{,}025\,q$. $d = 1{,}93\sqrt{q'}$ (in cm).

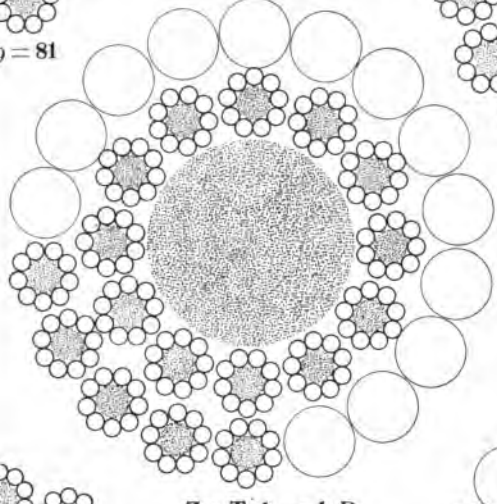
Drahtzahl i =	90	100	120	240	260	300	450	480	540	Draht-
Litzen à 10 Dr.*)	o+9	o+10	o+12	o+9 +15	o+10 +16	o+12 +18	o+9 +15+21	o+10 +10+22	o+12 +18+24	No.
$\delta = 0{,}3$ mm	0,06	0,07	0,08	0,17	0,18	0,21	0,32	0,34	0,38	3
0,4 „	0,11	0,13	0,15	0,30	0,33	0,38	0,57	0,60	0,68	4
0,5 „	0,18	0,20	0,24	0,47	0,51	0,60	0,88	0,94	1,06	5
$\delta = 0{,}6$ mm	0,25	0,28	0,34	0,68	0,74	0,85	1,27	1,36	1,53	6
0,7 „	0,35	0,38	0,45	0,92	1,00	1,17	1,73	1,85	2,08	7
0,8 „	0,45	0,50	0,60	1,21	1,31	1,53	2,26	2,41	2,71	8
0,9 „	0,57	0,64	0,75	1,53	1,65	1,93	2,86	3,05	3,43	9
$\delta = 1{,}0$ mm	0,71	0,79	0,94	1,88	2,04	2,36	3,53	3,77	4,24	10
1,1 „	0,85	0,95	1,14	2,28	2,47	2,85	4,28	4,56	5,13	11
1,2 „	1,02	1,13	1,36	2,71	2,94	3,39	5,09	5,43	6,11	12
1,3 „	1,19	1,33	1,59	3,18	3,45	3,98	5,97	6,37	7,17	13
1,4 „	1,39	1,54	1,85	3,69	4,00	4,62	6,93	7,39	8,31	14
$\delta = 1{,}5$ mm	1,59	1,77	2,12	4,24	4,59	5,30	7,95	8,48	9,54	15
1,6 „	1,81	2,01	2,41	4,82	5,23	6,03	9,05	9,65	10,9	16
1,7 „	2,04	2,27	2,72	5,45	5,90	6,81	10,2	10,9	12,3	17
1,8 „	2,29	2,54	3,05	6,11	6,62	7,63	11,5	12,2	13,7	18
1,9 „	2,55	2,84	3.40	6,80	7,37	8,51	12,8	13,6	15,3	19
$\delta = 2{,}0$ mm	2,83	3,14	3,77	7,54	8,17	9,42	14,1	15,1	17,0	20
$d = x\delta$; x =	**17,9**	**19,4**	**22 3**	**26,6**	**28,1**	**31,0**	**35,5**	**37,0**	**40,0**	$= x$
$d^2 : i\delta^2$ =	3,55	3,75	4,14	2,95	3,04	3,20	2,80	2,85	2,96	$= z$
$q' : q$ =	*1,07*	*1,09*	*1,11*	*1,02*	*1,03*	*1,04*	*1,01*	*1,02*	*1,03*	$= y$

*) o bezeichnet den Hanfkern im Seilmittel.

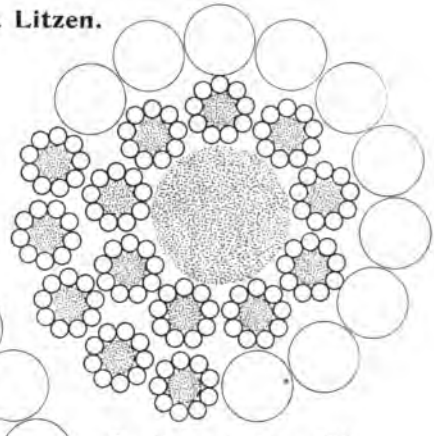
Zu Tab. ad C aus 9 dräht. Litzen.



$i = (0 + 9)\,9 = 81$

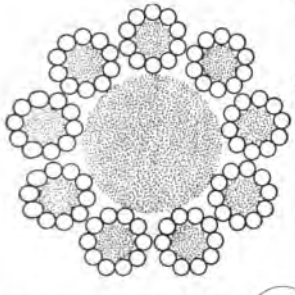


$i = (0 + 12 + 18)\,9 = 270$

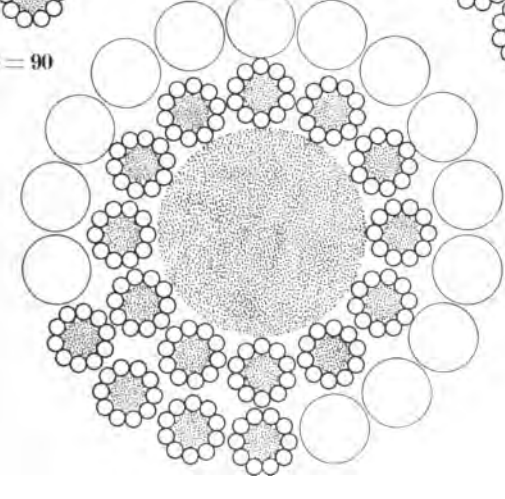


$i = (0 + 9 + 15)\,9 = 216$

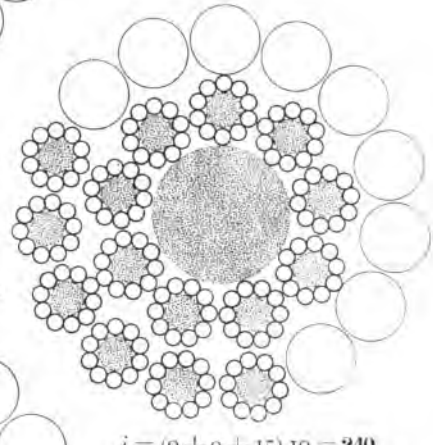
Zu Tab. ad D aus 10 dräht. Litzen.



$i = (0 + 9)\,10 = 90$



$i = (0 + 12 + 18)\,10 = 300$



$i = (0 + 9 + 15)\,10 = 240$

E. Aus 12drähtigen (3+9) Litzen*) bestehende Spiralseile.

Mässig vieldrähtige Litzen-Spiralseile.

Werthe von q in cm². $q' = 0{,}95\,q$; $d = 1{,}60\sqrt{q'}$ (in cm).

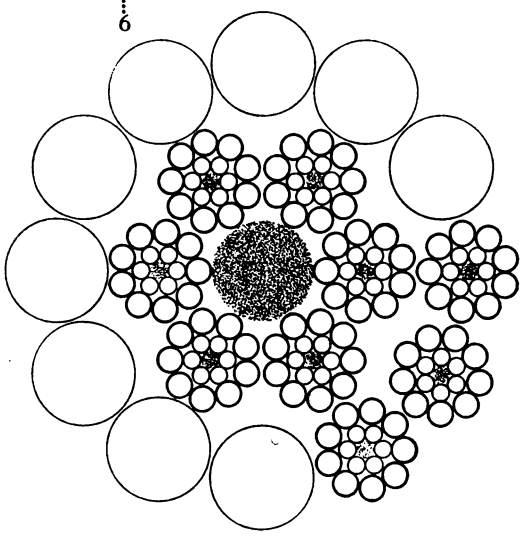
Drahtzahl i =	168	216	360	432	624	720	Draht No.
Litzen à 12 Dr.*)	14	18	30	36	52	60	
Anordnung derselben**)	4+10	6+12	4+10+16	6+12+18	4+10+16+22	6+12+18+24	
$\delta = 0{,}8$ mm	0,84	1,09	1,81	2,17	3,14	3,62	8
0,9 „	1,07	1,37	2,29	2,75	3,97	4,58	9
$\delta = 1{,}0$ mm	1,32	1,70	2,83	3,39	4,90	5,65	10
1,1 „	1,60	2,05	3,42	4,11	5,93	6,84	11
1,2 „	1,90	2,44	4,07	4,89	7,06	8,14	12
1,3 „	2,23	2,87	4,78	5,73	8,28	9,56	13
1,4 „	2,59	3,33	5,54	6,65	9,61	11,1	14
$\delta = 1{,}5$ mm	2,97	3,82	6,36	7,63	11,0	12,7	15
1,6 „	3,38	4,34	7,24	8,68	12,5	14,5	16
1,7 „	3,81	4,90	8,17	9,80	14,2	16,3	17
1,8 „	4,28	5,50	9,16	11,0	15,9	18,3	18
1,9 „	4,76	6,12	10,2	12,2	17,7	20,4	19
$\delta = 2{,}0$ mm	5,28	6,79	11,3	13,6	19,6	22,6	20
2,1 „	5,82	7,48	12,5	15,0	21,6	24,9	21
2,2 „	6,39	8,21	13,7	16,4	23,7	27,4	22
2,3 „	6,98	8,97	15,0	17,9	25,9	29,9	23
2,4 „	7,60	9,77	16,3	19,5	28,2	32,6	24
$\delta = 2{,}5$ mm	8,25	10,6	17,7	21,2	30,6	35,3	25
2,6 „	8,92	11,5	19,1	22,9	33,1	38,2	26
2,8 „	10,3	13,3	22,2	26,6	38,4	44,3	28
$\delta = 3{,}0$ mm	11,9	15,3	25,4	30,5	44,1	50,9	30
3,5 „	16,2	20,8	34,6	41,6	60,0	69,3	35
4,0 „	21,1	27,1	45,2	54,3	78,4	90,4	40
4,5 „	26,7	34,4	57,2	68,7	99,2	114,5	45
$\delta = 5{,}0$ mm	33,0	42,4	70,7	84,8	122,5	141,4	50
5,5 „	39,9	51,3	85,5	102,6	148,2	171,0	55
6,0 „	47,5	61,1	101,8	122,1	176,4	203,6	60
7,0 „	64,6	83,1	138,6	166,3	240,1	277,1	70
$d = x\,\delta$; x =	17,9	20,6	26,0	28,7	34,1	36,8	$= x$
$d^2 : i\,\delta^2$ =	1,91	1,96	1,88	1,91	1,86	1,88	$= z$
$q' : q$ =	0,95	0,95	0,95	0,95	0,94	0,94	$= y$

*) Rechnungsmässig besteht jede Litze aus 3+9=12 Drähten von der Dicke δ; bei der wirklichen Ausführung sind jedoch die drei Kerndrähte stets durch sechs Drähte von der Dicke $\delta' = 0{,}71\,\delta$ zu ersetzen, so dass die Litzen thatsächlich aus 6 und 9 Drähten von zweierlei Dicke bestehen, rechnungsmässig jedoch stets als 12 drähtig (bei gleich gedachter Dicke δ) anzunehmen sind. (Compound-Seile.)

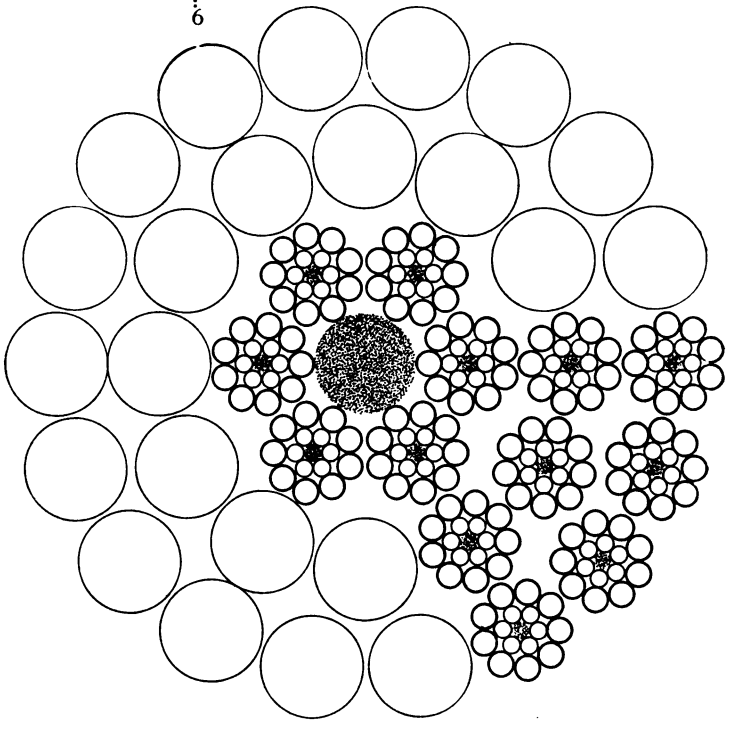
**) Die Anordnung 3+9 ... wurde hier nicht aufgenommen, da dieselbe behufs Compoundisierung drei Drahtdicken im Seile, nämlich δ nebst 0,71 δ aussen, und 0,71 δ nebst 0,50 δ innen erfordern würde.

Zu Tab. E. Spiralseile aus 12 dräht. (3+9) Litzen.

$i = (6 + 12)\ (3 + 9) = 216$



$i = (6 + 12 + 18)\ (3 + 9) = 432$



F. Aus 18drähtigen (6+12) Litzen bestehende Spiralseile.

Vieldrähtige Litzen-Spiralseile.

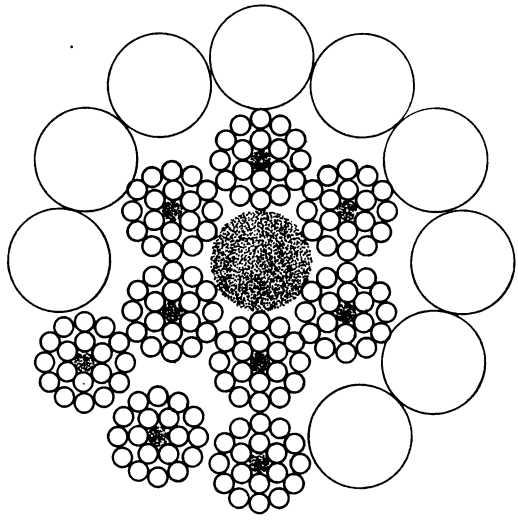
Werthe von q in cm². $q' = 0{,}95\,q$; $d = 1{,}62\sqrt{q'}$ (in cm).

Draht-zahl i =	216	252	324	486	540	648	864	936	1080	Draht No.
Litzen à 18 Dr.	12	14	18	27	30	36	48	52	60	
Anordnung derselben*)	3+9	4+10	6+12	3+9 +15	4+10 +16	6+12 +18	3+9 +15+21	4+10 +15+22	6+12 +18+24	
$\delta = 0{,}8$ mm	1,09	1,27	1,63	2,44	2,71	3,26	4,34	4,70	5,43	8
0,9 „	1,37	1,60	2,05	3,09	3,43	4,12	5,50	5,95	6,87	9
$\delta = 1{,}0$ mm	1,70	1,98	2,54	3,82	4,24	5,09	6,79	7,35	8,48	10
1,1 „	2,05	2,39	3,08	4,62	5,13	6,16	8,21	8,90	10,3	11
1,2 „	2,44	2,85	3,66	5,50	6,11	7,33	9,77	10,6	12,2	12
1,3 „	2,87	3,34	4,30	6,45	7,17	8,60	11,5	12,4	14,3	13
1,4 „	3,33	3,88	4,99	7,48	8,31	9,97	13,3	14,4	16,6	14
$\delta = 1{,}5$ mm	3,82	4,45	5,73	8,59	9,54	11,5	15,3	16,5	19,1	15
1,6 „	4,34	5,07	6,51	9,77	10,9	13,0	17,4	18,8	21,7	16
1,7 „	4,90	5,72	7,35	11,0	12,3	14,7	19,6	21,2	24,5	17
1,8 „	5,50	6,41	8,24	12,4	13,7	16,5	22,0	23,8	27,5	18
1,9 „	6,12	7,14	9,19	13,8	15,3	18,4	24,5	26,5	30,6	19
$\delta = 2{,}0$ mm	6,79	7,92	10,2	15,3	17,0	20,4	27,1	29,4	33,9	20
2,1 „	7,48	8,73	11,2	16,8	18,7	22,4	29,9	32,4	37,4	21
2,2 „	8,21	9,58	12,3	18,5	20,5	24,6	32,8	35,6	41,1	22
2,3 „	8,97	10,5	13,5	20,2	22,4	26,9	35,9	38,9	44,9	23
2,4 „	9,77	11,4	14,7	22,0	24,4	29,3	39,1	42,3	48,9	24
$\delta = 2{,}5$ mm	10,6	12,4	15,9	23,9	26,5	31,8	42,4	45,9	53,0	25
2,6 „	11,5	13,4	17,2	25,8	28,7	34,4	45,9	49,7	57,3	26
2,8 „	13,3	15,5	20,0	29,9	33,2	39,9	53,2	57,6	66,5	28
$\delta = 3{,}0$ mm	15,3	17,8	22,9	34,4	38,2	45,8	61,1	66,1	76,3	30
3,5 „	20,8	24,2	31,2	46,8	52,0	62,3	83,1	90,1	103,9	35
4,0 „	27,1	31,7	40,7	61,1	67,8	81,4	108,6	117,6	135,7	40
4,5 „	34,4	40,1	51,5	77,3	85,9	103,1	137,4	148,9	171,8	45
$\delta = 5{,}0$ mm	42,4	49,5	63,6	95,4	106,0	127,2	169,7	183,8	212,1	50
5,5 „	51,3	59,9	77,0	115,5	128,3	154,0	205,8	222,4	256,6	55
6,0 „	61,1	71,3	91,6	137,4	152,7	183,2	244,3	264,6	305,4	60
7,0 „	83,1	97,0	124,7	187,0	207,8	249,4	332,5	360,2	415,6	70
$d = x\,\delta$; x =	20,6	22,3	25,6	30,6	32,3	35,7	40,7	42,4	45,8	$= x$
$d^2 : i\,\delta^2$ =	1,96	1,98	2,01	1,92	1,93	1,97	1,92	1,93	1,94	$= z$
$q' : q$ =	0,95	0,95	0,96	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	$= y$

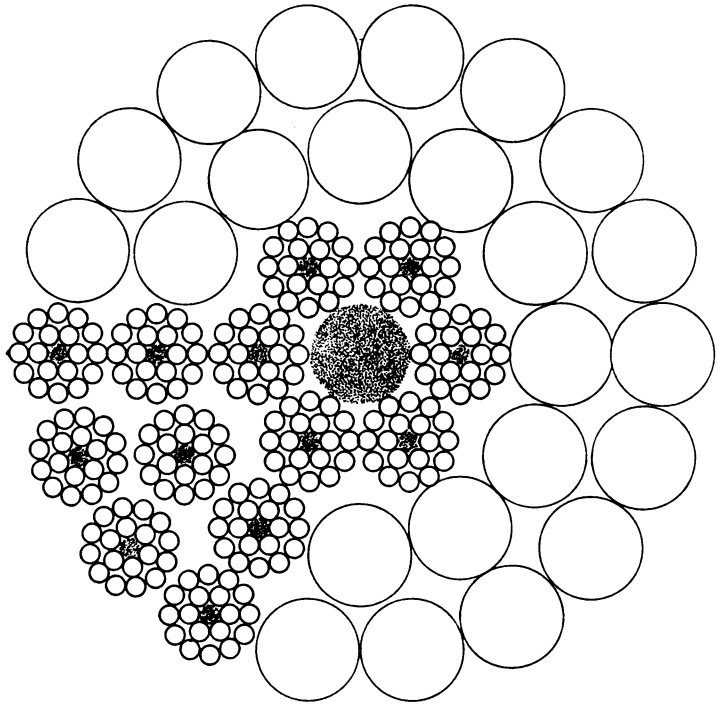
*) Der dreilitzige Seilkern (3 Litzen à 18 Drähte) ist durch sechs Litzen à 18 Drähte von der Dicke $\delta' = 0{,}71\,\delta$, und der vierlitzige Kern (4 Litzen à 18 Drähte) durch sechs Litzen à 18 Drähte von der Dicke $\delta' = 0{,}82\,\delta$ zu ersetzen.

Zu Tab. F. Spiralseile aus 18 dräht. (6+12) Litzen.

$i = (6 + 12)\ (6 + 12) = 324$



$i = (6 + 12 + 18)\ (6 + 12) = 648$



G. Aus 36drähtigen (6+12+18) Litzen bestehende Spiralseile.

Sehrvieldrähtige (schwerste) Litzen-Spiralseile.

Werthe von q in cm². $q' = 0{,}95\,q$; $d = 1{,}60\sqrt{q'}$ (in cm)

Drahtzahl $i =$	648	972	1080	1296	1728	1872	2160	Draht No.
Litzen à 36 Dr.	18	27	30	36	48	52	60	
Anordnung derselben *)	6+12	3+9 +15	4+10 +16	6+12 +18	3+9 +15+21	4+10 +16+22	6+12 +18+24	
$\delta = 0{,}8$ mm	3,26	4,89	5,43	6,51	8,69	9,41	10,8	8
0,9 „	4,12	6,18	6,87	8,24	11,0	11,9	13,7	9
$\delta = 1{,}0$ mm	5,09	7,63	8,48	10,2	13,6	14,7	17,0	10
1,1 „	6,16	9,24	10,3	12,3	16,4	17,8	20,5	11
1,2 „	7,33	11,0	12,2	14,7	19,5	21,2	24,4	12
1,3 „	8,60	12,9	14,3	17,2	22,9	24,8	28,7	13
1,4 „	9,97	15,0	16,6	20,0	26,6	28,8	33,3	14
$\delta = 1{,}5$ mm	11,5	17,2	19,1	22,9	30,5	33,1	38,2	15
1,6 „	13,0	19,5	21,7	26,1	34,7	37,6	43,4	16
1,7 „	14,7	22,1	24,5	29,4	39,2	42,5	49,0	17
1,8 „	16,5	24,7	27,5	33,0	44,0	47,6	55,0	18
1,9 „	18,4	27,6	30,6	36,7	49,0	53,1	61,2	19
$\delta = 2{,}0$ mm	20,4	30,5	33,9	40,7	54,3	58,8	67,9	20
2,1 „	22,4	33,7	37,4	44,9	59,8	64,8	74,8	21
2,2 „	24,6	36,9	41,1	49,3	65,7	71,2	82,1	22
2,3 „	26,9	40,4	44,9	53,8	71,8	77,8	89,7	23
2,4 „	29,3	44,0	48,9	58,6	78,2	84,7	97,7	24
$\delta = 2{,}5$ mm	31,8	47,7	53,0	63,6	84,8	91,9	106,0	25
2,6 „	34,4	51,6	57,3	68,8	91,7	99,4	114,7	26
2,8 „	39,9	59,9	66,5	79,8	106,4	115,3	133,0	28
$\delta = 3{,}0$ mm	45,8	68,7	76,3	91,6	122,2	132,3	152,7	30
3,5 „	62,3	93,5	103,9	124,7	166,3	180,1	207,8	35
4,0 „	81,4	122,1	135,7	162,9	217,1	235,2	271,4	40
4,5 „	103,1	154,6	171,8	206,1	274,8	297,7	343,5	45
$\delta = 5{,}0$ mm	127,2	190,9	212,1	254,5	339,3	367,6	424,1	50
5,5 „	154,0	230,9	256,6	307,9	410,5	444,8	513,2	55
6,0 „	183,2	274,8	305,4	366,4	488,6	529,3	610,7	60
7,0 „	249,4	374,1	415,6	498,8	665,0	720,4	831,3	70
$d = x\delta$; $x =$	35,7	42,7	45,0	49,7	56,8	59,1	63,8	$= x$
$d : i\delta^2 =$	1,97	1,88	1,89	1,91	1,87	1,87	1,88	$= z$
$q' : q =$	0,95	0,94	0,95	0,95	0,94	0,94	0,94	$= y$

*) Der dreilitzige Seilkern (3 Litzen à 36 Drähte) ist durch sechs Litzen à 36 Drähte von der Dicke $\delta' = 0{,}71\,\delta$, und der vierlitzige Kern (4 Litzen à 36 Drähte) durch sechs Litzen à 36 Drähte von der Dicke $\delta' = 0{,}82\,\delta$ zu ersetzen.

H. Aus 30 drähtigen (0+12+18) Litzen bestehende Spiralseile.

Schwerste biegsame Litzen-Spiralseile.

Werthe von q in cm². $q' = 0{,}975\, q$; $d = 1{,}72\sqrt{q'}$ (in cm).

Drahtzahl $i =$	360	420	540	810	900	1080	1440	1560	1800	Draht No.
Litzen à 30 Dr.	12	14	18	27	30	36	48	52	60	
Anordnung derselben *)	3+9	4+10	6+12	3+9 +15	4+10 +16	6+12 +18	3+9 +15+21	4+10 +16+22	6+12 +18+24	
$\delta = 0{,}5$ mm	0,71	0,82	1,06	1,59	1,77	2,12	2,83	3,06	3,53	5
0,6 „	1,02	1,19	1,53	2,29	2,54	3,05	4,07	4,41	5,09	6
0,7 „	1,39	1,61	2,08	3,12	3,46	4,16	5,54	6,00	6,93	7
0,8 „	1,81	2,11	2,71	4,07	4,52	5,43	7,24	7,84	9,48	8
0,9 „	2,29	2,67	3,44	5,15	5,73	6,87	9,16	9,92	11,5	9
$\delta = 1{,}0$ mm	2,83	3,30	4,24	6,36	7,07	8,48	11,3	12,3	14,1	10
1,1 „	3,42	3,99	5,13	7,70	8,55	10,3	13,7	14,8	17,1	11
1,2 „	4,07	4,75	6,11	9,16	10,2	12,2	16,3	17,6	20,3	12
1,3 „	4,78	5,57	7,17	10,8	11,9	14,3	19,1	20,7	23,9	13
1,4 „	5,54	6,47	8,31	12,5	13,9	16,6	22,2	24,0	27,7	14
$\delta = 1{,}5$ mm	6,36	7,42	9,54	14,3	15,9	19,1	25,4	27,6	31,8	15
1,6 „	7,24	8,44	10,9	16,3	18,1	21,7	29,0	31,4	36,2	16
1,7 „	8,17	9,53	12,3	18,4	20,4	24,5	32,7	35,4	40,9	17
1,8 „	9,16	10,7	13,7	20,6	22,9	27,5	36,6	39,7	45,8	18
1,9 „	10,2	11,9	15,3	23,0	25,5	30,6	40,8	44,2	51,0	19
$\delta = 2{,}0$ mm	11,3	13,2	17,0	25,4	28,3	33,9	45,2	49,0	56,5	20
2,1 „	12,5	14,5	18,7	28,1	31,2	37,4	49,9	54,0	62,3	21
2,2 „	13,7	16,0	20,5	30,8	34,2	41,1	54,7	59,3	68,4	22
2,3 „	15,0	17,4	22,4	33,7	37,4	44,9	59,8	64,8	74,8	23
2,4 „	16,3	19,0	24,4	36,6	40,7	48,9	65,1	70,6	81,4	24
$\delta = 2{,}5$ mm	17,7	20,6	26,5	39,8	44,2	53,0	70,7	76,6	88,3	25
2,6 „	19,1	22,3	28,7	43,0	47,8	57,3	76,4	82,8	95,6	26
2,8 „	22,2	25,9	33,3	49,9	55,4	66,5	88,7	96,1	110,8	28
$\delta = 3{,}0$ mm	25,4	29,7	38,2	57,3	63,6	76,3	101,8	110,3	127,2	30
3,5 „	34,6	40,4	51,9	77,9	86,6	103 9	138,5	150,1	173,2	35
4,0 „	45,2	52,8	67,8	101,8	113,1	135,7	181,0	196,0	226,2	40
4,5 „	57,3	66,8	85,9	128,8	143,1	171,8	229,0	248,1	286,3	45
5,0 „	70,7	82,5	106,0	159,0	176,7	212,1	282,7	306,3	353,4	50
$d = x\delta$; $x =$	28,7	31,0	35,7	42,7	45,0	49,7	56,8	59,1	63,8	$= x$
$d^2 : i\delta^2 =$	2,29	2,29	2,36	2,25	2,25	2,29	2,24	2,24	2,26	$= z$
$q' : q =$	0,98	0,98	0,98	0,97	0,97	0,98	0,97	0,97	0,97	$= y$

*) Der dreilitzige Seilkern (3 Litzen à 30 Drähte) ist durch sechs Litzen à 30 Drähte von der Dicke $\delta' = 0{,}71\ \delta$, der vierlitzige Kern (4 Litzen à 30 Drähte) durch sechs Litzen à 30 Drähte von der Dicke $\delta' = 0{,}82\ \delta$ zu ersetzen.

Nachtrag (a) zu den Litzen-Spiralseilen (ad A).

Biegsame Seile aus sechsdrähtigen Litzen.

(Mit dicker Hanfeinlage im Seile.)

Werthe von q in cm². q' nahe $= q$; $d = 1{,}78\sqrt{q'}$ (in cm).

Drahtzahl $i =$	48	54	60	72	132	144	156	180	252	270	288	324	Draht No.	
Litzen à 6 Dr.	8	9	10	12	22	24	26	30	42	45	48	54		
Anordnung der Litzen*)	o+8	o+9	o+10	o+12	o+8 +14	o+9 +15	o+10 +16	o+12 +18	o+8 +14+20	o+9 +15+21	o+10 +16+22	o+12 +18+24		
$\delta = 0{,}4$ mm	0,060	0,068	0,075	0,090	0,17	0,18	0,20	0,23	0,32	0,34	0,36	0,41	4	
0,5 „	0,094	0,11	0,12	0,14	0,26	0,28	0,31	0,35	0,49	0,53	0,57	0,64	5	
0,6 „	0,14	0,15	0,17	0,20	0,37	0,41	0,44	0,51	0,71	0,76	0,81	0,92	6	
0,7 „	0,18	0,21	0,23	0,28	0,51	0,55	0,60	0,69	0,97	1,04	1,11	1,25	7	
0,8 „	0,24	0,27	0,30	0,35	0,66	0,72	0,78	0,90	1,27	1,36	1,45	1,63	8	
0,9 „	0,31	0,34	0,38	0,46	0,84	0,92	0,99	1,15	1,60	1,72	1,83	2,06	9	
$\delta = 1{,}0$ mm	0,38	0,42	0,47	0,57	1,04	1,13	1,23	1,41	1,98	2,12	2,26	2,54	10	
1,1 „	0,46	0,51	0,57	0,68	1,25	1,37	1,48	1,71	2,40	2,57	2,74	3,08	11	
1,2 „	0,54	0,61	0,68	0,81	1,49	1,63	1,76	2,04	2,85	3,05	3,26	3,66	12	
1,3 „	0,64	0,72	0,80	0,96	1,75	1,91	2,07	2,39	3,34	3,58	3,82	4,30	13	
1,4 „	0,74	0,83	0,92	1,11	2,03	2,22	2,40	2,77	3,88	4,16	4,43	4,99	14	
$\delta = 1{,}5$ mm	0,85	0,95	1,05	1,27	2,33	2,54	2,76	3,18	4,45	4,77	5,09	5,73	15	
1,6 „	0,96	1,09	1,21	1,45	2,65	2,90	3,14	3,62	5,07	5,43	5,79	6,51	16	
1,7 „	1,09	1,23	1,36	1,63	3,00	3,27	3,54	4,09	5,72	6,13	6,54	7,35	17	
1,8 „	1,22	1,37	1,53	1,83	3,36	3,66	3,97	4,58	6,41	6,87	7,33	8,29	18	
1,9 „	1,36	1,53	1,70	2,04	3,74	4,08	4,42	5,10	7,15	7,66	8,17	9,19	19	
$\delta = 2{,}0$ mm	1,51	1,70	1,88	2,25	4,15	4,52	4,90	5,65	7,92	8,48	9,05	10,2	20	
2,1 „	1,66	1,87	2,08	2,49	4,57	4,99	5,40	6,23	8,73	9,35	9,98	11,2	21	
2,2 „	1,82	2,05	2,28	2,74	5,02	5,47	5,93	6,84	9,58	10,3	10,9	12,3	22	
2,3 „	1,99	2,24	2,49	2,99	5,48	5,98	6,48	7,48	10,5	11,2	12,0	13,5	23	
2,4 „	2,17	2,44	2,71	3,26	5,97	6,51	7,05	8,14	11,4	12,2	13,0	14,7	24	
$\delta = 2{,}5$ mm	2,36	2,65	2,95	3,53	6,48	7,07	7,66	8,84	12,4	13,3	14,1	15,9	25	
2,6 „	2,55	2,87	3,19	3,82	7,01	7,64	8,28	9,56	13,4	14,3	15,3	17,2	26	
2,8 „	2,95	3,32	3,69	4,43	8,13	8,87	9,61	11,1	15,5	16,6	17,7	20,0	28	
3,0 „	3,39	3,82	4,24	5,09	9,33	10,2	11,0	12,7	17,8	19,1	20,4	22,9	30	
$d = x\,\delta$; $x =$	11,59	12,62	13,64	15,69	17,73	18,75	19,78	21,9	23,9	24,9	26,0	28,0	$= x$	
$d^2 : i\,\delta^2 =$	2,80	2,95	3,10	3,42	2,38	2,44	2,51	2,66	2,27	2,30	2,35	2,42	$= z$	
$q' : q =$	1,01	1,02	1,04	1,06	0,98	0,99	0,99	1,00	0,97	0,98	0,98	0,99	$= y$	

*) Der erste Summand o bezeichnet die dicke Hanfeinlage als Seilkern.

Diese Seile sind nach Belieben durch die vorangehenden, aus 8 und 9 drähtigen Litzen bestehenden Litzen-Spiralseile (B und C) zu ersetzen, welche eine nahezu constante Charakteristik $d^2 : i\,\delta^2$ besitzen (2,4 bei B, 2,5 bei C).

Nachtrag (b) zu den Litzen-Spiralseilen (ad B).

Sehr biegsame Seile aus achtdrähtigen Litzen.

(Mit dicker Hanfeinlage im Seile.)

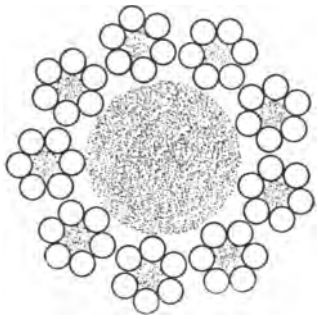
Werthe von q in cm². $q' = q$; $d = 1{,}82\sqrt{q'}$ (in cm).

Drahtzahl i =		64	72	80	96	176	192	208	240	336	360	384	432	Draht No.	
Litzen à 8 Dr.		8	9	10	12	22	24	26	30	42	45	48	54		
Anordnung der Litzen*)		o+8	o+9	o+10	o+12	o+8 +14	o+9 +15	o+10 +16	o+12 +18	o+8 +14+20	o+9 +15+21	o+10 +16+22	o+12 +18+24		
δ = 0,4 mm		0,08	0,09	0,10	0,12	0,22	0,24	0,26	0,30	0,42	0,45	0,48	0,54	4	
0,5	"	0,13	0,14	0,16	0,19	0,35	0,38	0,41	0,47	0,66	0,71	0,75	0,85	5	
0,6	"	0,18	0,20	0,23	0,27	0,50	0,54	0,59	0,68	0,95	1,02	1,09	1,22	6	
0,7	"	0,25	0,28	0,31	0,37	0,68	0,74	0,80	0,92	1,29	1,39	1,48	1,66	7	
0,8	"	0,32	0,36	0,40	0,48	0,88	0,97	1,05	1,21	1,69	1,81	1,93	2,17	8	
0,9	"	0,41	0,46	0,51	0,61	1,12	1,22	1,32	1,53	2,14	2,29	2,44	2,75	9	
δ = 1,0 mm		0,50	0,57	0,63	0,75	1,38	1,51	1,63	1,88	2,64	2,83	3,02	3,39	10	
1,1	"	0,61	0,68	0,76	0,91	1,67	1,82	1,98	2,28	3,19	3,42	3,65	4,11	11	
1,2	"	0,72	0,81	0,90	1,09	1,99	2,17	2,35	2,71	3,80	4,07	4,34	4,89	12	
1,3	"	0,85	0,96	1,05	1,27	2,34	2,55	2,76	3,19	4,46	4,78	5,10	5,73	13	
1,4	"	0,99	1,11	1,23	1,48	2,71	2,96	3,20	3,69	5,17	5,54	5,91	6,65	14	
δ = 1,5 mm		1,13	1,27	1,41	1,70	3,11	3,39	3,68	4,24	5,94	6,36	6,79	7,63	15	
1,6	"	1,29	1,45	1,61	1,93	3,54	3,86	4,18	4,83	6,76	7,24	7,72	8,68	16	
1,7	"	1,45	1,63	1,82	2,18	3,99	4,36	4,72	5,45	7,63	8,17	8,72	9,80	17	
1,8	"	1,63	1,83	2,04	2,44	4,47	4,89	5,29	6,11	8,55	9,16	9,77	11,0	18	
1,9	"	1,81	2,04	2,27	2,72	4,99	5,44	5,90	6,80	9,53	10,2	10,9	12,2	19	
δ = 2,0 mm		2,01	2,25	2,51	3,02	5,53	6,03	6,53	7,54	10,6	11,3	12,1	13,6	20	
2,1	"	2,22	2,49	2,77	3,33	6,10	6,65	7,20	8,31	11,6	12,5	13,3	15,0	21	
2,2	"	2,43	2,74	3,04	3,65	6,69	7,30	7,91	9,12	12,8	13,7	14,6	16,4	22	
2,3	"	2,65	2,99	3,32	3,99	7,31	7,98	8,64	9,97	14,0	15,0	16,0	17,9	23	
2,4	"	2,90	3,25	3,62	4,34	7,96	8,69	9,41	10,9	15,2	16,3	17,4	19,5	24	
δ = 2,5 mm		3,14	3,53	3,93	4,71	8,64	9,42	10,2	11,8	16,5	17,7	18,9	21,2	25	
2,6	"	3,40	3,82	4,25	5,10	9,34	10,2	11,0	12,7	17,8	19,1	20,4	22,9	26	
2,8	"	3,94	4,43	4,93	5,91	10,8	11,8	12,8	14,8	20,7	22,2	23,6	26,6	28	
δ = 3,0 mm		4,52	5,09	5,65	6,79	12,4	13,6	14,7	17,0	23,8	25,4	27,1	30,5	30	
$d = x\delta$; x =		18,99	15,22	16,46	18,93	21,4	22,6	23,9	26,4	28,8	30,1	31,3	33,8	$= x$	
$d^2 : i\delta^2$ =		3,06	3,22	3,38	3,73	2,60	2,66	2,75	2,90	2,47	2,52	2,55	2,69	$= z$	
$q' : q$ =		1,03	1,03	1,06	1,03	1,00	1,00	1,01	1,02	0,99	0,99	1,00	1,01	$= y$	

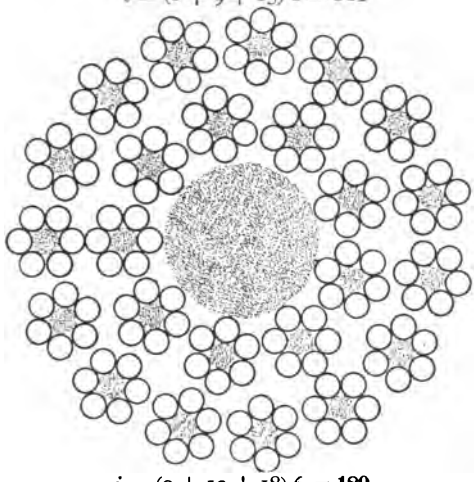
*) Der erste Summand o bezeichnet die dicke Hanfeinlage als Seilkern.

Diese Seile sind nach Belieben durch die vorangehenden aus 9 und 10 drähtigen Litzen bestehenden Litzen-Spiralseile (C und D) zu ersetzen, welche eine nahezu constante Charakteristik $d^2 : i\delta^2$ besitzen (2,5 bei C, 2,65 bei D).

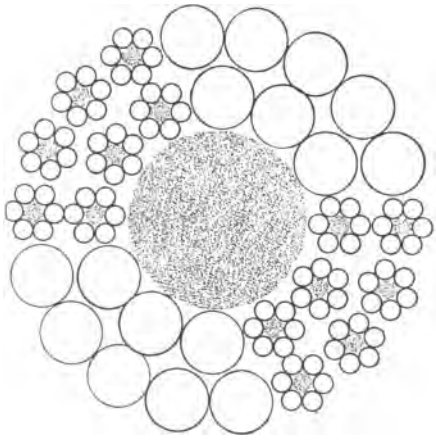
Zu Tab. ad A.
Neue Construction.
$i = (0 + 9)\,6 = \mathbf{54}$



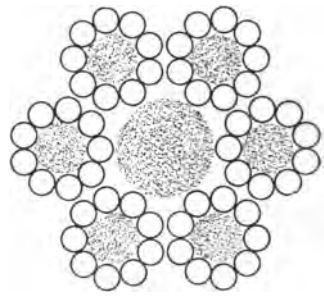
$i = (0 + 9 + 15)\,6 = \mathbf{144}$



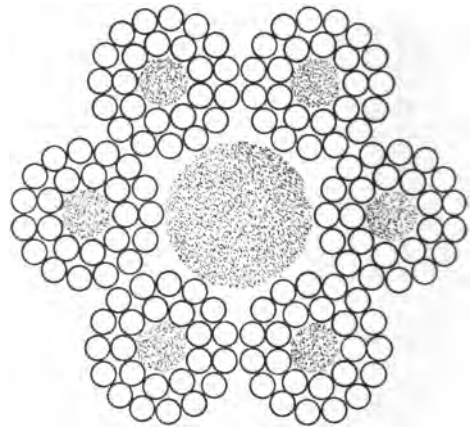
$i = (0 + 12 + 18)\,6 = \mathbf{180}$



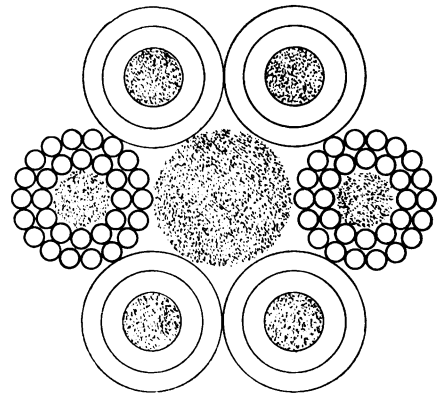
Zum Vergleich.
Alte Construction.
$i = 6\,(0 + 9) = \mathbf{54}$



$i = 6\,(0 + 9 + 15) = \mathbf{144}$



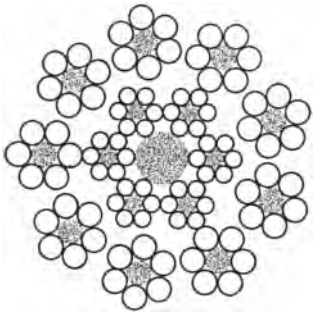
$i = 6\,(0 + 12 + 18) = \mathbf{180}$



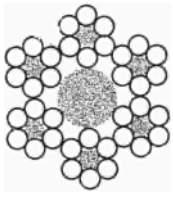
Neue Construction.

$i = (3 + 9)\,6 = \mathbf{72}$

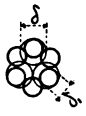
6



Commun



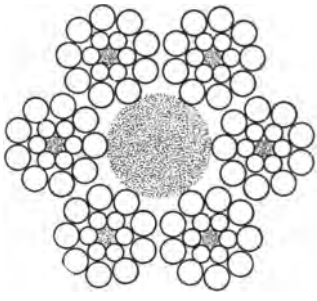
$i = 6.6 = \mathbf{36}$



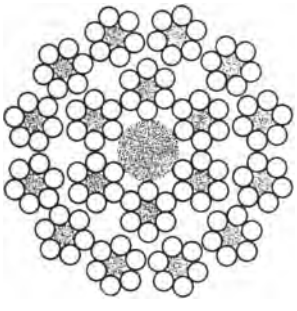
Alte Construction.

$i = 6\,(3 + 9) = \mathbf{72}$

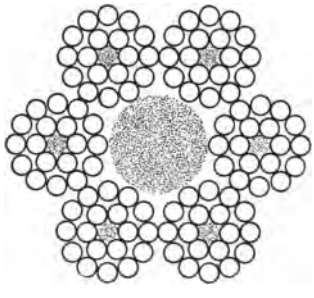
6



$i = (6 + 12)\,6 = \mathbf{108}$

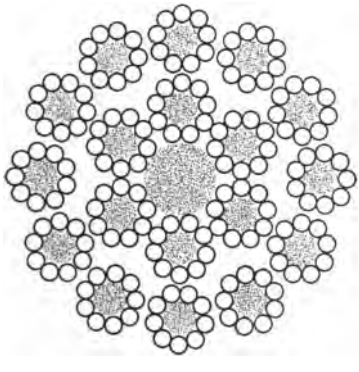


$i = 6\,(6 + 12) = \mathbf{108}$

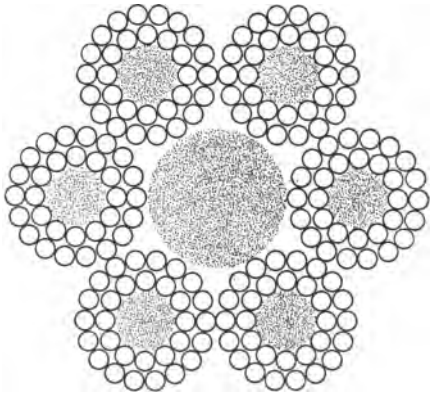


Biegsam:

$i = (6 + 12)\ (0 + 9) = \mathbf{162}$



$i = 6\,(0 + 12 + 18) = \mathbf{180}$



ΤΟ ΨΗΦΙΟ
ΑΠΟΦΟΙΤΙΑΣ

III. Dreimal geflochtene Seile. Kabelseile.

Werthe von q in cm². $q^1 = 1{,}12$ bis $1{,}20\,q$; $d = 2{,}13\sqrt{q'}$ (in cm). med

Draht-zahl i =	120	144	180	210	216	252[1])	288	294	336	432	504[2])	576	588	672	648	756[3])	864	Draht-No.	
Strangzahl	6	6	6	7	6	7	8	7	8	6	7	8	7	8	6	7	8		
Drähte im Strange*)	5.4	6.4	6.5 = 30		6.6 = 36			7.6 = 42		6 (3+9) = 72			6(4+10)=84		6 (6+12) = 108				
$\delta = 0{,}4$ mm	0,15	0,18	0,23	0,26	0,27	0,32	0,36	0,37	0,42	0,54	0,63	0,72	0,74	0,84	0,81	0,95	1,09	4	
0,5 „	0,24	0,28	0,35	0,41	0,42	0,49	0,57	0,58	0,66	0,85	0,99	1,13	1,15	1,32	1,27	1,48	1,70	5	
0,6 „	0,34	0,41	0,51	0,59	0,61	0,71	0,81	0,83	0,95	1,22	1,42	1,63	1,66	1,90	1,83	2,14	2,44	6	
0,7 „	0,46	0,55	0,69	0,81	0,83	0,97	1,11	1,13	1,29	1,66	1,94	2,22	2,26	2,59	2,49	2,91	3,33	7	
0,8 „	0,60	0,72	0,90	1,06	1,09	1,27	1,45	1,48	1,69	2,17	2,53	2,90	2,96	3,38	3,26	3,80	4,34	8	
0,9 „	0,76	0,92	1,15	1,34	1,37	1,60	1,83	1,87	2,13	2,75	3,21	3,66	3,74	4,27	4,12	4,81	5,50	9	
$\delta = 1{,}0$ mm	0,94	1,13	1,41	1,65	1,70	1,98	2,26	2,31	2,64	3,34	3,96	4,52	4,62	5,28	5,09	5,94	6,79	10	
1,1 „	1,14	1,37	1,71	2,00	2,05	2,39	2,74	2,79	3,19	4,11	4,79	5,47	5,59	6,39	6,16	7,18	8,21	11	
1,2 „	1,36	1,63	2,04	2,38	2,44	2,85	3,26	3,33	3,80	4,89	5,70	6,51	6,65	7,60	7,33	8,55	9,77	12	
1,3 „	1,59	1,91	2,39	2,79	2,87	3,34	3,82	3,90	4,46	5,73	6,69	7,65	7,80	8,92	8,60	10,0	11,5	13	
1,4 „	1,85	2,22	2,77	3,23	3,33	3,88	4,43	4,53	5,17	6,65	7,76	8,87	9,05	10,3	9,97	11,6	13,3	14	
$\delta = 1{,}5$ mm	2,12	2,54	3,18	3,71	3,82	4,45	5,09	5,20	5,94	7,63	8,91	10,2	10,4	11,9	11,5	13,4	15,3	15	
1,6 „	2,41	2,90	3,62	4,22	4,34	5,07	5,79	5,91	6,76	8,68	10,1	11,6	11,8	13,5	13,0	15,2	17,4	16	
1,7 „	2,72	3,27	4,09	4,77	4,90	5,72	6,54	6,67	7,63	9,80	11,4	13,1	13,3	15,3	14,7	17,2	19,6	17	
1,8 „	3,05	3,66	4,58	5,34	5,50	6,41	7,33	7,48	8,55	11,0	12,8	14,7	15,0	17,1	16,5	19,2	22,0	18	
1,9 „	3,40	4,08	5,10	5,95	6,12	7,15	8,17	8,34	9,53	12,2	14,3	16,3	16,7	19,1	18,4	21,4	24,5	19	
$\delta = 2{,}0$ mm	3,77	4,52	5,65	6,60	6,79	7,92	9,05	9,24	10,6	13,6	15,8	18,0	18,5	21,1	20,4	23,7	27,1	20	
2,1 „	4,16	4,99	6,23	7,27	7,48	8,73	9,98	10,2	11,5	15,0	17,5	20,0	20,4	23,3	22,4	26,2	29,9	21	
2,2 „	4,56	5,47	6,84	7,98	8,21	9,58	10,9	11,2	12,8	16,4	19,2	21,9	22,4	25,5	24,6	28,7	32,8	22	
2,3 „	4,99	5,98	7,48	8,72	8,97	10,5	12,0	12,2	14,0	17,9	20,9	23,9	24,4	27,9	26,9	31,4	35,9	23	
2,4 „	5,43	6,51	8,14	9,50	9,77	11,4	13,0	13,3	15,2	19,5	22,8	26,1	26,6	30,4	29,3	34,2	39,1	24	
$\delta = 2{,}5$ mm	5,89	7,07	8,84	10,3	10,6	12,4	14,1	14,4	16,5	21,2	24,7	28,3	28,9	33,0	31,8	37,1	42,4	25	
2,6 „	6,37	7,60	9,56	11,1	11,5	13,4	15,3	15,6	17,8	22,9	26,8	30,6	31,2	35,7	34,4	40,1	45,9	26	
2,8 „	7,39	8,87	11,1	12,9	13,3	15,5	17,7	18,1	20,7	26,6	31,0	35,5	36,2	41,4	39,9	46,6	53,2	28	
3,0 „	8,48	10,2	12,7	14,8	15,3	17,8	20,4	20,8	23,8	30,5	35,6	40,7	41,6	47,5	45,8	53,4	61,1	29	
$d = x\,\delta$; $x =$	21,45	23,8	26,8	29,6	29,8	32,8	35,9	36,2	39,6	39,1	43,2	47,2	46,6	51,0	48,6	53,7	58,7	$= x$	
$d^2 : \delta^2 =$	3,83	3,95	3,99	4,17	4,11	4,27	4,48	4,46	4,67	3,54	3,70	3,87	3,69	3,87	3,65	3,81	3,99	$= z$	
$q' : q =$	1,14	1,15	1,15	1,16	1,16	1,17	1,19	1,19	1,20	1,12	1,13	1,14	1,13	1,14	1,12	1,14	1,15	$= y$	

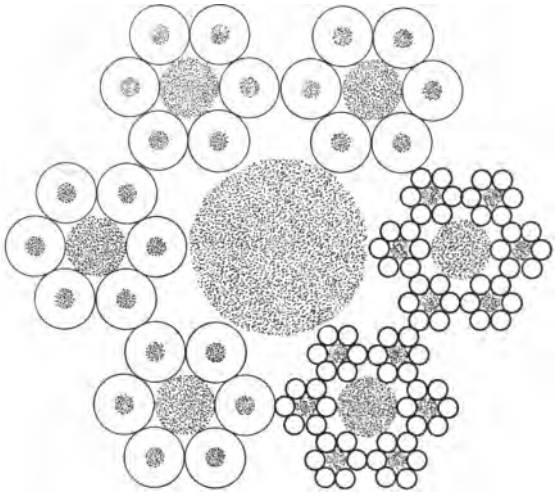
*) Der dreidrähtige Litzenkern ist durch 6 Drähte von der Dicke $\delta' = 0{,}71\,\delta$ und der vierdrähtige Kern durch 6 Drähte von der Dicke $\delta' = 0{,}82\,\delta$ zu ersetzen.

[1]) Kann auch aus 6 Strängen zu $7.6 = 42$ Drähten bestehen.

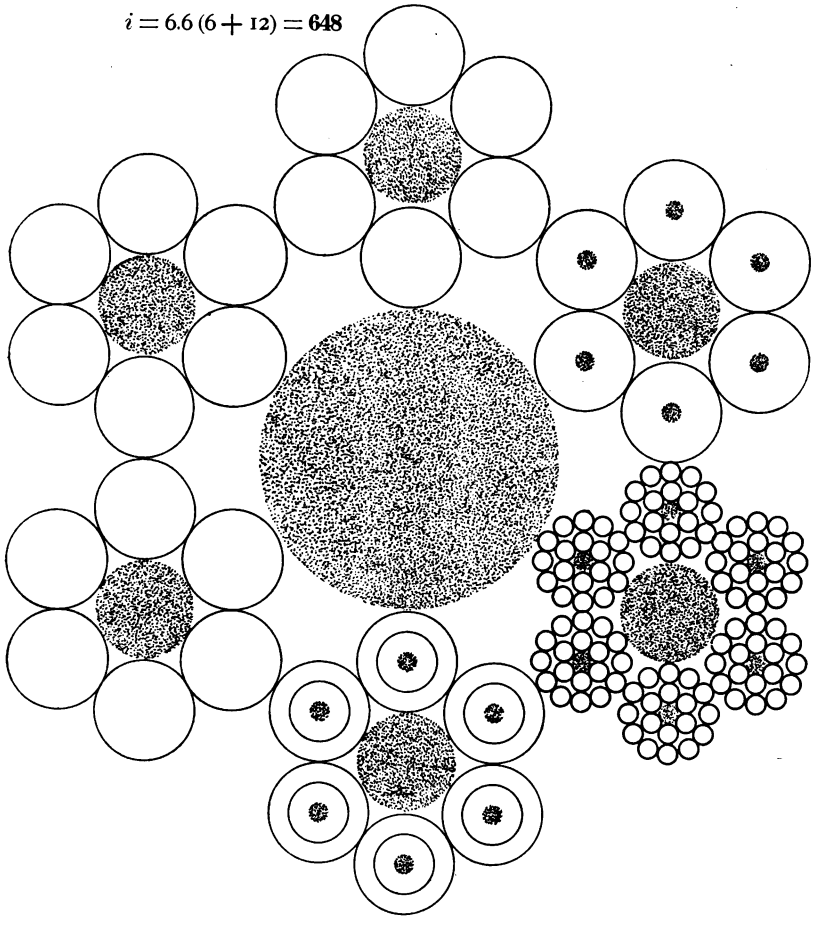
[2]) Kann auch aus 6 Strängen zu 6 (4+10) = 84 Drähten bestehen.

[3]) Kann auch aus 6 Strängen zu 7 (6+12) = 126 Drähten bestehen.

$i = 6.6.6 = 216$



$i = 6.6\,(6 + 12) = 648$



IV. Vierlitzige Stränge der Flachseile.

Werthe von q in cm². q' (brutto**)) nahe $= q$; $d \doteq 1{,}75\sqrt{q'}$, bei den kabelartigen Strängen $d \doteq 2\sqrt{q'}$ (in cm).

Drahtzahl i =	24	28	32	36	40	44	48	48	56	72	88	104	108	120	144	96	120	144	Draht-
(im Strange)	4.6	4.7	4.8	4.9	4.10	4.11	4.12	4.12	4.14	4.18	4.22	4.26	4.27	4.30	4.36	4.24	4.30	4.36	No.
Drahtzahl in der Litze*)	6	7	8	9	10	11	12	3+9	4+10	6+12	8+14	10+16	3+9 +15	4+10 +16	6+12 +18	Stränge kabelartig 6.4	6.5	6.6	
$\delta = 0{,}4$ mm	0,030	0,035	0,040	0,045	0,050	0,055	0,060	0,060	0,070	0,090	0,11	0,13	0,14	0,15	0,18	0,12	0,15	0,18	4
0,5 ,,	0,047	0,055	0,063	0,071	0,079	0,086	0,094	0,094	0,11	0,14	0,17	0,20	0,21	0,24	0,28	0,19	0,24	0,28	5
0,6 ,,	0,068	0,079	0,090	0,10	0,11	0,12	0,14	0,14	0,16	0,20	0,25	0,29	0,31	0,34	0,41	0,27	0,34	0,41	6
0,7 ,,	0,092	0,11	0,12	0,14	0,15	0,17	0,18	0,18	0,22	0,27	0,34	0,40	0,42	0,46	0,55	0,37	0,45	0,55	7
0,8 ,,	0,12	0,14	0,16	0,18	0,20	0,22	0,24	0,24	0,28	0,36	0,44	0,52	0,54	0,60	0,72	0,48	0,60	0,72	8
0,9 ,,	0,15	0,18	0,20	0,23	0,25	0,28	0,31	0,31	0,36	0,46	0,56	0,66	0,69	0,76	0,92	0,61	0,76	0,92	9
$\delta = 1{,}0$ mm	0,19	0,22	0,25	0,28	0,31	0,35	0,38	0,38	0,44	0,57	0,69	0,82	0,85	0,94	1,13	0,75	0,94	1,13	10
1,1 ,,	0,23	0,27	0,30	0,34	0,38	0,42	0,46	0,46	0,53	0,68	0,84	0,99	1,03	1,14	1,37	0,91	1,14	1,37	11
1,2 ,,	0,27	0,32	0,36	0,41	0,45	0,50	0,54	0,54	0,63	0,81	1,00	1,18	1,22	1,36	1,63	1,09	1,36	1,63	12
1,3 ,,	0,32	0,37	0,42	0,48	0,53	0,58	0,64	0,64	0,74	0,96	1,17	1,38	1,43	1,59	1,91	1,27	1,59	1,91	13
1,4 ,,	0,37	0,43	0,49	0,55	0,62	0,68	0,74	0,74	0,86	1,11	1,35	1,60	1,66	1,85	2,22	1,48	1,85	2,22	14
$\delta = 1{,}5$ mm	0,42	0,49	0,57	0,64	0,71	0,78	0,84	0,84	0,99	1,27	1,56	1,84	1,91	2,12	2,54	1,70	2,12	2,54	15
1,6 ,,	0,48	0,56	0,64	0,72	0,80	0,88	0,96	0,96	1,13	1,45	1,77	2,09	2,17	2,41	2,90	1,93	2,41	2,90	16
1,7 ,,	0,54	0,64	0,73	0,82	0,91	1,00	1,09	1,09	1,27	1,63	2,00	2,36	2,45	2,72	3,27	2,18	2,72	3,27	17
1,8 ,,	0,61	0,71	0,81	0,92	1,02	1,12	1,22	1,22	1,43	1,83	2,24	2,65	2,75	3,05	3,66	2,44	3,05	3,66	18
1,9 ,,	0,68	0,79	0,91	1,02	1,13	1,25	1,36	1,36	1,59	2,04	2,50	2,95	3,05	3,40	4,08	2,72	3,40	4,08	19
$\delta = 2{,}0$ mm	0,75	0,88	1,01	1,13	1,26	1,38	1,51	1,51	1,76	2,26	2,76	3,27	3,39	3,77	4,52	3,02	3,77	4,52	20
2,1 ,,	0,83	0,97	1,11	1,25	1,38	1,52	1,66	1,66	1,94	2,49	3,05	3,60	3,74	4,16	4,99	3,33	4,16	4,99	21
2,2 ,,	0,91	1,05	1,22	1,37	1,52	1,67	1,82	1,82	2,13	2,74	3,35	3,95	4,11	4,56	5,47	3,65	4,56	5,47	22
2,3 ,,	1,00	1,16	1,33	1,50	1,66	1,83	1,99	1,99	2,33	2,99	3,66	4,32	4,49	4,99	5,98	3,99	4,99	5,98	23
2,4 ,,	1,09	1,27	1,45	1,63	1,81	1,99	2,17	2,17	2,53	3,26	3,98	4,70	4,89	5,43	6,51	4,34	5,43	6,51	24
$\delta = 2{,}5$ mm	1,18	1,37	1,57	1,77	1,96	2,16	2,35	2,36	2,75	3,53	4,32	5,11	5,30	5,89	7,07	4,71	5,89	7,07	25
3,0 ,,	1,70	1,98	2,26	2,54	2,83	3,11	3,39	3,39	3,96	5,09	6,22	7,35	7,63	8,48	10,2	6,79	8,48	10,2	30
$d = x\,\delta$; $x =$	7,50	8,28	9,05	9,85	10,65	11,45	12,25	10,00	10,79	12,44	14,04	15,68	14,86	15,68	17,33	18,10	20,37	22,63	$= x$
$d^2 : i\,\delta^2 =$	2,34	2,45	2,56	2,70	2,84	2,98	3,13	2,08	2,08	2,15	2,24	2,36	2,04	2,05	2,09	3,41	3,46	3,56	$= z$
Netto $q' : q =$	0,89	0,90	0,90	0,91	0,92	0,92	0,93	0,88	0,88	0,88	0,89	0,89	0,88	0,88	0,88	1,03	1,03	1,04	$= y_n$
Brutto** $q' : y =$	0,97	0,98	0,99	1,00	1,01	1,02	1,03	0,95	0,95	0,95	0,96	0,97	0,94	0,94	0,95	1,10	1,10	1,11	$= y_b$

*) Der dreidrähtige Litzenkern ist durch sechs Drähte von der Dicke $\delta' = 0{,}71\,\delta$, und der vierdrähtige Kern durch sechs Drähte von der Dicke $\delta' = 0{,}82\,\delta$ zu ersetzen.

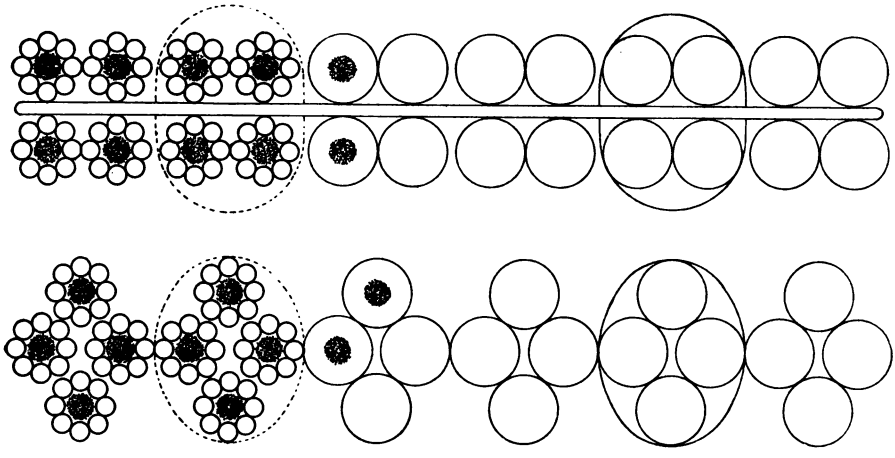
**) Brutto q' Stranggewicht sammt Nähdraht und Schmiere.

Zu Tab. IV. Flachseil

mit $i = 4.8 = 32$.

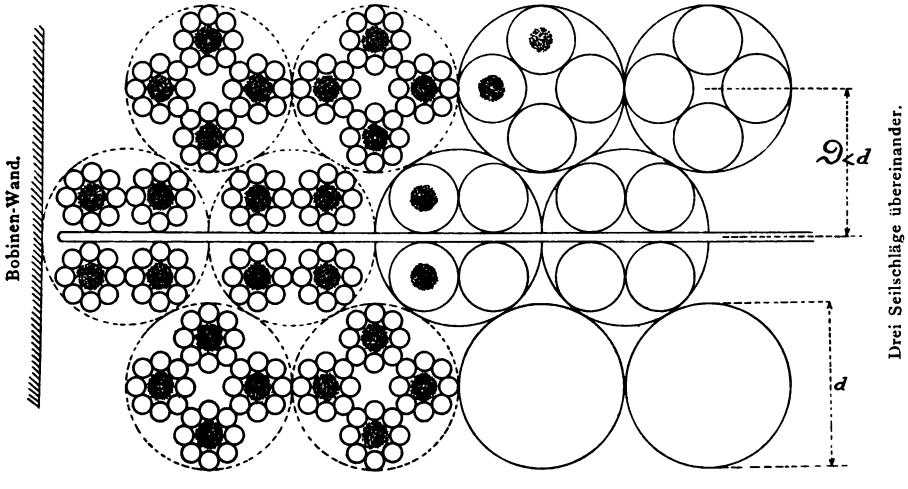
Das Flachseil nach Herstellung (vor der Benützung).

Schnitt durch die Naht.



Schnitt ausser der Naht.

Dasselbe Flachseil in Function nach einiger Benützung (Schema)



V. Flachlitzige Drahtseile von Felten und Guilleaume.

(Nach C. Bach's „Maschinenelemente".)

1. Aus **45** Drähten. $i = 5.9 = 45$ q ungef. $= 0{,}95\ q'$ cm².

Seildicke d mm	Gew. q' pro m ungef. kg	Drahtdicke δ mm
8	0,28	0,80
9	0,31	0,95
10	0,38	1,05
11	0,46	1,15
12	0,55	1,25
13	0,65	1,35
14	0,75	1,45
15	0,90	1,55
16	1,05	1,65
17	1,20	1,75
18	1,35	1,85
19	1,50	1,95
20	1,65	2,05
21	1,80	2,15
22	1,95	2,25
23	2,10	2,35
24	2,30	2,45
25	2,50	2,55
26	2,70	2,65
27	2,95	2,8
28	3,15	2,9
29	3,35	3,0
30	3,55	3,1
31	3,75	3,2
32	4,00	3,3
33	4,25	3,4
34	4,50	3,5
35	4,75	3,6
36	5,00	3,7
37	5,30	3,8
38	5,60	3,9
39	5,90	4,0
40	6,25	4,1

2. Aus **115** Drähten. $i = 5\,(9+14) = 115$ q ungef. $= q'$ cm².

Seildicke d mm	Gew. q' pro m ungef. kg	Drahtdicke δ aussen*) mm
8	0,28	0,65
9	0,31	0,75
10	0,38	0,80
11	0,46	0,90
12	0,55	0,95
13	0,65	1,05
14	0,75	1,15
15	0,90	1,20
16	1,05	1,30
17	1,20	1,35
18	1,35	1,45
19	1,50	1,55
20	1,65	1,60
21	1,80	1,70
22	1,95	1,75
23	2,10	1,85
24	2,30	1,95
25	2,50	2,00
26	2,70	2,10
27	2,95	2,20
28	3,15	2,25
29	3,35	2,35
30	3,55	2,40
31	3,75	2,50
32	4,00	2,60
33	4,25	2,65
34	4,50	2,75
35	4,75	2,80
36	5,00	2,90
37	5,30	3,00
38	5,60	3,05
39	5,90	3,15
40	6,25	3,25

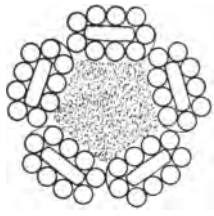
3. Aus **140** Drähten. $i = 5\,(12+16) = 140$ q ungef. $= q'$ cm².

Seildicke δ mm	Gew. q' pro m ungef. kg	Drahtdicke δ aussen*) mm
8	0,28	0,50
9	0,31	0,55
10	0,38	0,60
11	0,46	0,65
12	0,55	0,75
13	0,65	0,80
14	0,75	0,85
15	0,90	0,90
16	1,05	0,95
17	1,20	1,05
18	1,35	1,10
19	1,50	1,15
20	1,65	1,20
21	1,80	1,25
22	1,95	1,35
23	2,10	1,40
24	2,30	1,45
25	2,50	1,50
26	2,70	1,55
27	2,95	1,65
28	3,15	1,70
29	3,35	1,75
30	3,55	1,80
31	3,75	1,90
32	4,00	1,95
33	4,25	2,00
34	4,50	2,05
35	4,75	2,10
36	5,00	2,20
37	5,30	2,25
38	5,60	2,30
39	5,90	2,35
40	6,25	2,40

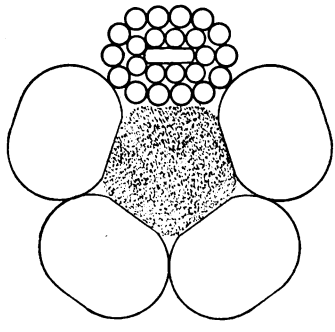
*) Die Drahtdicke der inneren Lagen für 2. ist $\delta' = 0{,}92\ \delta$,
" " " " " " 3. " $\delta' = 0{,}88\ \delta$.

Zu Tab. V.

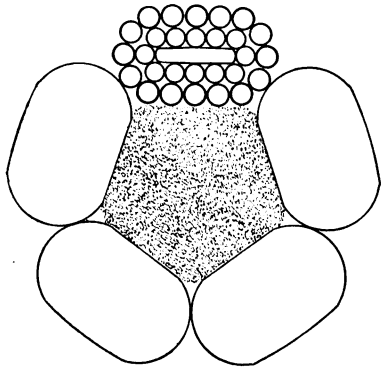
$i = 5 \cdot 9 = \mathbf{45}$



$i = 5\,(9 + 14) = \mathbf{115}$



$i = 5\,(12 + 16) = \mathbf{140}$



VI. Patentverschlossene Drahtseile (deutsche*))

von Felten und Guilleaume.

Nach C. Bach's „Maschinenelemente".

a. 1. Dünndrähtige.
d nahe $= 1{,}35\sqrt{q'}$ (in cm)

Seildicke d mm	Gew. q' pro m ungef. kg
13	0,95
14	1,1
15	1,25
16	1,4
17	1,6
18	1,8
19	2,0
20	2,2
21	2,4
22	2,6
23	2,85
24	3,1
25	3,4
26	3,7
27	4,0
28	4,3
29	4,6
30	4,9
31	5,2
32	5,5
33	5,85
34	6,2
35	6,6

a. 2. Starkdrähtige.
d nahe $= 1{,}33\sqrt{q'}$ (in cm)

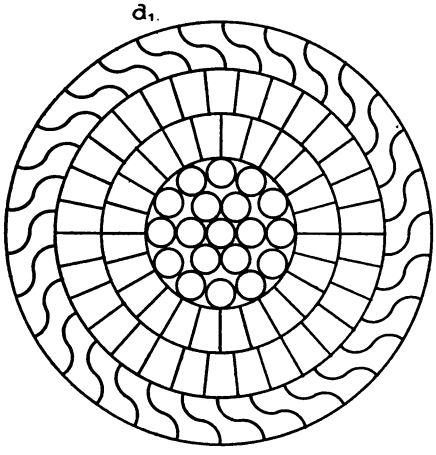
Seildicke d mm	Gew. q' pro m ungef. kg
25	3,5
26	3,8
28,5	4,2
30	5,2
31,5	5,6
32	5,75
33	6,2
34	6,7
35	7,0
37	8,0
38	8,2
39	8,57

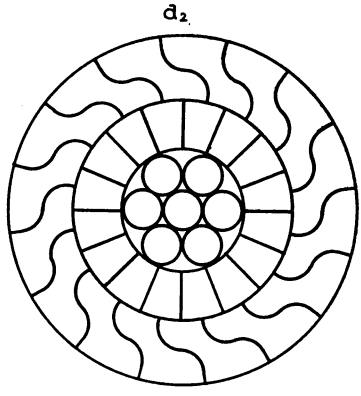
*) Die **französ.** verschlossenen Seile (abgebildet unter b. 1 und b. 2) dürften in Bezug auf d, q' und q von den deutschen nicht wesentlich abweichen.

Durchschnittlich kann man setzen:

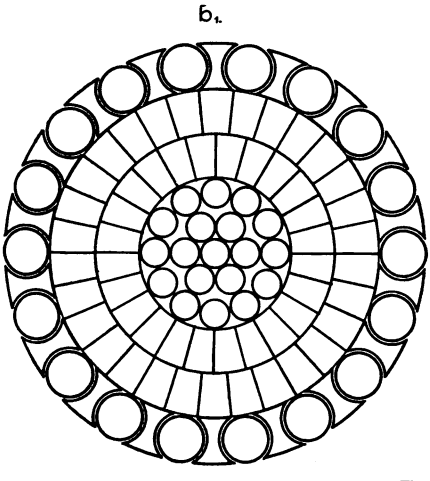
$$d = 1{,}34\sqrt{q'}; \quad d^2\frac{\pi}{4} = 1{,}41\,q'$$
$$q = 1{,}28\,q': \qquad q' = 0{,}78\,q$$
$$d^2\frac{\pi}{4} : q = 1{,}10; \quad q = 0{,}91\,d^2\frac{\pi}{4}$$

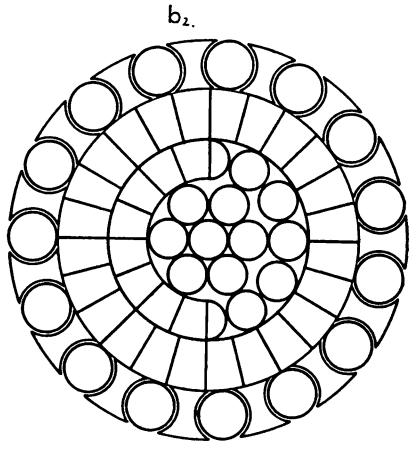
Deutscher Provenienz:

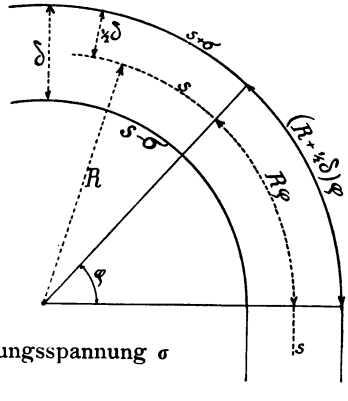




Französ. Provenienz:







Biegungsspannung σ

7. Kapitel.

Theorie der Drahtseile, die Biegungsspannung betreffend.

Biegungsspannung nach Reuleaux.

Nach der allbekannten, von Reuleaux herrührenden Formel, ist die „Biegungsspannung", d. i. die Spannung der durch die Biegung meistgedehnten Faser des auf einer Scheibe oder Trommel aufgewickelten, äusserlich unbelasteten Drahtes als solchen

$$\sigma = 0{,}5\ E_0 \frac{\delta}{R} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ 1)$$

hiebei δ die Drahtdicke, R der Aufwicklungshalbmesser, E_0 der Elasticitäts-Modul des Drahtes; δ mit R und σ mit E_0 in dem gleichen Masse.

Ist der aufgewickelte Draht gleichzeitig auf eine Dehnungsspannung s axial belastet, so ist die Gesammtspannung der äussersten Drahtfaser $s + \sigma$, jene der innersten Faser $s - \sigma$ und die Gesammtspannung in den sämmtlichen Fasern der mittleren (neutralen) Schicht $= s$*).

---

*) Der Vollständigkeit wegen sei hier die Ableitung der Reuleaux'schen Formel wiedergegeben. Die letzte Figur der letzten Seiltabelle (Verschlossene Seile) am Schlusse des 6. Kapitels betrifft diese Ableitung.

Für den auf einer Scheibe vom Halbmesser R (dieser bis zum Drahtmittel gemessen) aufgewickelten Draht hat innerhalb eines beliebigen Umspannungswinkels φ die Drahtaxe eine Länge $R\varphi$, die äusserste (ausgedehnteste) Drahtfaser hingegen eine Länge $(R + {}^1/_2\,\delta)\,\varphi$. Vor dem Umlegen hatte auch diese Faser die Länge $R\varphi$; es beträgt daher die durch das Umbiegen allein hervorgebrachte Verlängerung (Ausdehnung) dieser äussersten Faser ${}^1/_2\,\delta\varphi$. Dieser Ausdehnung der ursprünglichen Länge $R\varphi$ entspricht die Spannung σ pro Flächeneinheit des Drahtquerschnittes (Biegungsspannung). Der Elasticitätsmodul E_0 des Drahtes ist diejenige (ideale) Spannung, welche durch die Ausdehnung gleich der ursprünglichen Länge

Diese Reuleaux'sche Regel erweckte nach ihrem Erscheinen (in den sechziger Jahren) unter den Practikern einen wahren Schrecken, denn sie gab ihnen zu wissen, dass die Drahtseile (damals ausschliesslich Eisendrahtseile) anstatt der vermeintlichen 5 bis 6 fachen Sicherheit kaum die 2,5 fache Sicherheit gegen den Bruch und anstatt der 2 bis $2^1/_2$ fachen Sicherheit gegen die damals beliebte Elasticitätsgrenze nur etwa die einfache Sicherheit besitzen; einzelne Autoren schöpften daraus die Regel, dass die Drahtseile mit Berücksichtigung der Biegungsspannung bis nahe zur Elasticitätsgrenze beansprucht werden dürfen! Die Dehnungsspannung des Drahtes betrug damals etwa 9 kg, die Biegungsspannung aber etwa 14 kg pro mm² bei einer Bruchfestigkeit von beiläufig 50 kg pro mm² Drahtquerschnitt.

Die Bestimmung der Biegungsspannung nach Reuleaux bildete auch weiterhin nach Einführung der Stahldrahtseile in Fachkreisen einen sehr lästigen Stein des Anstosses, denn die ganze technische Welt wusste, oder meinte doch zu wissen, dass Reuleaux's Regel zwar für einen gebogenen Draht als solchen ganz richtig ist, dass sie jedoch für die doppelschraubenförmig verlaufenden Drähte in einem Seile übertrieben hohe, thatsächlich nicht verhandene Werthe der Biegungsspannung angibt; und doch gab es durch mehr als dreissig Jahre keine stichhaltige Erklärung hiefür.

Ich habe zwar in meinen Publicationen über die Berechnung der Drahtseile (in der Oesterr. Zeitschr. für Berg- und Hüttenwesen und in dem Jahrbuche der k. k. Bergakademien) sowie in meinen bergakademischen Vorträgen den erwähnten (von mir selbst zuerst constatierten) doppelt schraubenförmigen Verlauf des Drahtes im Seile ausdrücklich hervorgehoben und auch insofern in Rechnung gebracht, dass ich den Elastic. Modul des Drahtes im Seile (vermöge

---

(diesfalls $R\varphi$) hervorgebracht würde, angenommen, dass eine solche Ausdehnung innerhalb der Elasticitätsgrenze möglich wäre. Zwischen den Spannungen σ nebst E_0 und den ihnen entsprechenden, an der ursprünglichen Länge $R\varphi$ hervorgebrachten Ausdehnungen $^1/_2\delta\varphi$ nebst $R\varphi$ besteht nun innerhalb der Elasticitätsgrenze die Gleichheit der Verhältnisse

$$\frac{\sigma}{E_0} = \frac{^1/_2\delta\varphi}{R\varphi}$$

hieraus folgt die oben unter 1) angesetzte Beziehung

$$\sigma = {}^1/_2 E_0 \frac{\delta}{R}$$

des Flechtwinkels w) bei den zweimal geflochtenen Rundseilen $= \cos^2 w\, E_0 = 0{,}8\, E_0$ annahm (weil bei der damaligen starken Drehung der Rundseile $\cos w$ nahe $= 0{,}9$), und somit die Biegungsspannung nach der Formel $\sigma = 0{,}4\, E_0 \frac{\delta}{R}$ rechnete, wonach sich σ doch zum mindesten um 20 % kleiner ergab, als nach Reuleaux.*) Ich fühlte es, dass diese Correction (obwohl sie Reuleaux selbst nicht zugeben wollte) noch viel zu gering ist, und dass eine ausgiebigere Correction am Platze wäre, welche jedoch lange nicht ausfindig zu machen war.

Erst Prof. C. Bach hat in seinem Buche „Die Maschinenelemente", 7. Auflage vom Jahre 1900 den obenerwähnten „Stein des Anstosses" gründlich zum Wackeln gebracht, indem er in die Reuleaux'sche Regel **vor der Hand** den Elasticitätsmodul E **des Seiles** anstatt jenes des Drahtes (und zwar mit dem steten Betrage $E = {}^3/_8\, E_0$) einführte, ohne jedoch (nach eigener Aussage) die definitive wissenschaftliche Lösung der Aufgabe hiemit erzielt zu haben. Ich habe es in dieser Abhandlung versucht, diese definitive Lösung nach aller Möglichkeit und nach aller Richtung durchzuführen, was mir schliesslich, nach allmäliger Selbstbelehrung durch die hiebei durchgemachten Studien wohl auch gelungen ist.

Elasticitäts-Modul des Seiles.

Der Elasticitäts-Modul E eines Seiles wird inbezug auf die Einheit des Drahtquerschnittes in der Weise bestimmt, dass man das entsprechend (streng geradlinig) gespannte Seil einer passenden Mehrbelastung Q unterwirft und die hiedurch hervorgebrachte Dehnung λ desto genauer misst, je kleiner die ursprüngliche Länge L des untersuchten Seilstückes war.**)

---

*) Bei den schwach gedrehten Strängen der Flachseile liess ich Reuleaux's Regel (wegen $\cos w$ nahe $= 1$) ungeändert gelten.

**) Je grösser die Länge L ist, desto verlässlicher ist die Probe, vorausgesetzt, dass das Seil eben streng geradlinig gespannt ist, dass also (bei horizontalgespanntem Seil) jede Einsenkung des Seiles durch sein Eigengewicht ganz gewiss vermieden wird. Die kleinen Seillängen (etwa 0,5 bis 1 m) bei Seil-Reissproben mit den gangbaren Festigkeits-Probemaschinen sind zu diesem Zwecke, wenn man die Seilverlängerungen noch so genau misst, ganz unzureichend; denn die hiebei gemessenen Dehnungen sind infolge des unvermeidlichen Rutschens der Seilenden in den Einspann-Büchsen, sowie des Rutschens der äusseren gegen die inneren Drahtschichten

Bei dem summarischen Drahtquerschnitte $q = i\,\delta^2\frac{\pi}{4}$ ist zunächst die der Belastung Q entsprechende Spannung $s = \frac{Q}{q}$ und der Elasticitäts-Modul des Seiles im obigem Sinne

$$E = s\frac{L}{\lambda}$$

Die Mehrbelastung Q wird (bei neuen Seilen unumgänglich nothwendigerweise) in einigen Intervallen bis zum Eintritt der vollen Betriebsbelastung (und lieber noch etwas darüber) wiederholend fortgesetzt und der Elasticitäts-Modul hiemit einigemal bestimmt. Derselbe nimmt bei den neuen Seilen mit steigender Belastung desto mehr zu, je weniger das Seil bereits vor dem Versuche künstlich ausgedehnt wurde. Der Werth von E, welcher der Betriebsbelastung entspricht (in der Regel der grösste Werth) ist der giltige.*)

Es ist ersichtlich, dass zur Untersuchung der Seile (insbesondere der neuen Seile) auf ihren Elasticitäts-Modul ein besonderer, geeigneter Apparat nothwendig ist. Hiemit ist es auch begreiflich, dass über diesen Gegenstand in der technischen Literatur vor dieser meiner Bearbeitung desselben (1900 und bis zu dem gegenwärtigen Zeitpuncte August 1901) nur ein spärliches Material zu finden ist.**)

— meistens viel zu gross und zur Bestimmung des Elasticitäts-Moduls der Drahtseile ganz unbrauchbar. Sonach konnte ich weder die übrigens sehr werthvollen Versuche von Professor (nun Hofrath) L. Tetmajer, noch jene von D. Mayer in Gleiwitz für meinen Zweck ausnützen, obwohl ich mich mit denselben (und auch noch mit andern Versuchen) rechnerisch nicht wenig beschäftigte. Diese Versuche hatten freilich auch nicht den Zweck, zur Bestimmung des Elasticitäts-Moduls zu dienen.

*) Bei solchen Seilen, welche bereits durch längere Zeit im angestrengten Betriebe waren, findet eine für die Anwendung merkliche Zunahme des Elasticitäts-Moduls bei steigender Belastung nicht statt, und es ist auch nicht abzusehen, warum sie stattfinden sollte. Wir werden auf diesen Umstand im vorletzten (11.) Kapitel noch zurückkommen.

**) Zum Glück genügt mir dieses Material so ziemlich vollständig, denn es bietet mir einen hinreichend festen Anhaltspunct, um alles dasjenige, was hierüber durch Versuche ermittelt und späterhin etwa veröffentlicht werden wird, in der weiteren Abhandlung hier durch die Rechnung, also theoretisch festzustellen. Ich bin dessen sicher, dass meine folgenden Darlegungen und Angaben durch keine rationellen Versuchsresultate irgend wesentlich werden alteriert werden.

Professor C. Bach hat zunächst durch directe Versuche den Elasticitäts-Modul der gewöhnlichen zweimal geflochtenen Drahtseile

$$E = 0{,}35\ E_0$$

bestimmt und sodann durch verschiedene Erwägungen die Beziehung

$$E = {}^3/_8\ E_0 = 0{,}375\ E_0$$

heraus combiniert, von welcher er in bereits erwähnter Weise für die Transmissionsseile allgemeinen Gebrauch macht.

Ich hatte schon auf dieser Grundlage von der dazwischen liegenden Beziehung

$$E = 0{,}36\ E_0$$

Gebrauch gemacht, weil sie für meine Zwecke in numerischer Beziehung vorzüglich passte, und weil von irgend einer absoluten Genauigkeit dieser Beziehung gar nicht die Rede sein kann. Es hat sich jedoch für diesen einfachen Ansatz $E = 0{,}36\ E_0$ (die gewöhnlichen zweimal geflochtenen Seile betreffend) nachträglich noch ein Beleg gefunden; und zwar in einer Abhandlung des k. k. Maschinen-Inspectors Julius Diviš, welche unter dem Titel „Einiges über Seildraht und Drahtseile" in der Oesterr. Zeitschr. für Berg- und Hüttenwesen, Novemberhefte 1900 erschien.

Inspector Diviš hat in der Přibramer Drahtseilfabrik (als technischer Leiter derselben) an Drahtseilen verschiedener Construction zahlreiche Dehnungsversuche auf einem hiefür besonders vorgerichteten Apparate vorgenommen.

„Die Seile wurden hiebei derart belastet, dass sie mit zwei Drittel bis mit der vollen Betriebsspannung durch directe Belastung beansprucht wurden. Die Versuchsseillänge betrug hiebei 10 bis 20 m." Es wurden zwar überwiegend Seile und Litzen mit Drahtseelen geprüft, worauf wir (im 9. Kapitel) noch zurückkommen werden; aber auch regelrechte Seile mit Hanfseelen wurden untersucht. Solche Seile aus 36 Drähten No. 10 wurden mit einer Betriebsbelastung von 192 kg, d. i. mit 6,8 kg pro mm² beansprucht, „zeigten eine Gesammtlängung von 0,73 % bei einer bleibenden Dehnung von 0,62 %".

Hiermit betrug die Elasticitäts-Dehnung 0,11 %. Sonach ergibt sich der Elasticitäts-Modul der untersuchten normalmässigen 36 drähtigen Seile

$$E = s\frac{L}{\lambda} = 6{,}8\,\frac{100}{0{,}11} = 6182 \text{ kg/mm}^2.$$

Verglichen mit dem diesfallsigen Elastic.-Modul des Seildrahtes (Flusseisendraht) $E_0 = 17\,000$ bis $18\,000$, durchschnittlich $= 17\,500$ kg/mm² ergibt sich (wegen $6\,180 : 17\,500 = 0{,}353$) diesfalls

$$E = 0{,}353\, E_0.$$

Mit E_0 schlechtweg $= 17\,000$ hat man (wegen $6\,180 : 17\,000 = 0{,}364$)

$$E = 0{,}364\, E_0.$$

Im Mittel ist somit genau

$$E = 0{,}36\, E_0.$$

Verglichen mit dem Resultate $E = 0{,}35\, E_0$ der Bach'schen Versuche und mit jenem $E = 0{,}375\, E_0$ der Bach'schen Combinationen, ergibt sich als Mittel aller dieser Angaben

$$E = 0{,}36\, E_0.$$

Es erscheint somit vollkommen gerechtfertigt, der ganzen nachfolgenden theoretischen Entwicklung die empirisch gewonnene practische Beziehung

$$E = 0{,}36\, E_0$$

für die normalmässigen zweimal geflochtenen Seile mit Hanfeinlagen (Hanfseelen) in den (vornehmlich sechsdrähtigen) Litzen zugrunde zu legen.*)

Wir können den Coëfficienten, mittelst dessen aus dem Elasticitäts-Modul E_0 des Seildrahtes auf jenen E des Drahtseiles zu schliessen ist, als den „Reductions-Coëfficienten des Elasticitäts-Moduls“ bezeichnen.

---

*) Immerhin wird jedoch am Schlusse des 8. (für die Praxis bestimmten) Kapitels in den fertigen tabellarischen Angaben der Biegungsspannung ausser diesem Coëfficienten 0,36 auch der von Bach festgehaltene Coëfficient $^3/_8 = 0{,}375$ (für die normalmässigen zweimal geflochtenen Seile) ins Auge gefasst werden.

Wenn nun dieser Reductions-Coëfficient für die normalmässigen zweimal geflochtenen (neuen) Seile erwiesenermassen = 0,36 anzunehmen ist, so beträgt derselbe für die einmal geflochtenen Seile (und Litzen) unfehlbar $\sqrt{0{,}36} = 0{,}6$ und für die dreimal geflochtenen Seile (Kabelseile) ebenso gewiss $0{,}36 \times 0{,}6 = 0{,}216$.

Für jedes einzelne Flechten wird sonach der Elasticitäts-Modul in dem einfachen Verhältnisse **0,6** reduciert, und es besteht für den Reductions-Coëfficienten des Elasticitäts-Moduls ganz zweifellos die

geometrische Reihe: .	1	0,6	$0{,}6^2$	$0{,}6^3$
giltig für	Draht (unge-flochten)	einmaliges Flechten	zweimaliges Flechten	dreimaliges Flechten
Kurze Bezeichnung: . .	0	I	II	III

In diesen Ansätzen mag der Leser den ersten Schwerpunct dieses theoretischen Kapitels erblicken.

Für die weitere Entwicklung behufs endlicher Bestimmung der Biegungsspannung ist eine passende numerische Grösse des Elasticitäts-Moduls E_0 des Seildrahtes in Rechnung zu bringen. Dieselbe schwankt etwa zwischen 18 000 kg/mm² bei den weicheren Drahtsorten und 20 000 kg/mm² bei den härteren Stahldrahtsorten, obwohl der kleinere Betrag auch bei dem letztgenannten Material, insbesondere auch bei Gussstahldraht exquisitester Beschaffenheit erreichbar sein dürfte.

Wir wollen die nachfolgende Auseinandersetzung nicht überflüssiger Weise complicierter als nothwendig machen, und nehmen der Einfachheit und Sicherheit der Rechnung wegen (vor der Hand) für alle Drahtsorten den gemeinschaftlichen Werth

$$E_0 = 20\,000 \text{ kg/mm}^2$$

in Betracht.*)

*) Hienach wird unsere Betrachtung vorzugsweise die in der Anwendung ohnehin vorherrschenden Stahldrahtseile betreffen und die Seile aus den weichen Drahtsorten bei etwas strengerer Beurtheilung mit einschliessen. In den Schlusstabellen zur unmittelbaren Ablesung der Biegungsspannung werden wir aber nebst dem Werthe $E_0 = 20\,000$ auch jenen $E_0 = 18\,000$ kg/mm² für Weichstahl- und Eisendrahtseile in Berücksichtigung ziehen.

Sofort ergibt sich bezüglich des Elasticitäts-Moduls E der Drahtseile das folgende **Schema**:

0. für den Draht an sich . . $E_0 = 20\,000$ kg/mm²
I. für einmal geflochtene Seile (Drahtspiralseile und Litzen) . . . . . $E = 0{,}6\,E_0 = 12\,000$ kg/mm²
II. für zweimal geflochtene (aus Litzen fertig geflochtene) normalmässige Seile . $E = 0{,}36\,E_0 = 7\,200$ „
III. für dreimal geflochtene Seile (Kabelseile) . . . . $E = 0{,}216\,E_0 = 4\,320$ „

Wenn man correcterweise aus dem Elasticitäts-Modul E des Seiles auf die Biegungsspannung des Seildrahtes unmittelbar schliessen könnte, so wären wir mit unserer Betrachtung nahe zu Ende; dies ist aber keineswegs der Fall.

Wir kennen keine Biegungsspannung des Seiles, wohl aber einzig und allein eine Biegungsspannung des **Drahtes**, als „Spannung der durch die Biegung ausgedehntesten (äussersten) Drahtfaser." Wenn wir daher mittelst der Reuleaux'schen Beziehung

$$\sigma = 0{,}5\,E' \frac{\delta}{R}$$

die Biegungsspannung σ bestimmen wollen, so dürfen wir hierhin für E' keineswegs den Elasticitäts-Modul des Seiles, sondern einzig und allein den Elasticitäts-Modul des Drahtes einsetzen; und soll σ die **Biegungsspannung des Drahtes im Seile** sein, so ist E' unbedingt der **Elasticitäts-Modul des Drahtes im Seile.**

Dieser Elasticitäts-Modul E' des Drahtes im Seile ist aber grösser als der Elasticitäts-Modul E des Seiles; glücklicherweise kann aus diesem letzteren (E) auf den ersteren (E') rechnungsmässig unzweifelhaft geschlossen werden, wie folgt.

Elasticitäts-Modul des Drahtes im Seile.

Um die mathematische Relation zwischen dem Elasticitäts-Modul des Seiles und jenem des Drahtes im Seile ausfindig zu machen, wollen wir zuvörderst anstatt des Elasticitäts-Moduls (nach dieser

oder jener Richtung) den Dehnungs-Coëfficienten (nach Bach) hier einführen.

Der Elasticitäts-Modul ist der reciproke Werth des Dehnungs-Coëfficienten, und dieser letztere ist zunächst für das Seil die **relative** (auf die Längeneinheit des Seiles entfallende) **Dehnung, welche durch die Belastungs-Einheit pro Flächeneinheit des Draht-Querschnittes** hervorgebracht wird. In analoger Weise ist der Dehnungs-Coëfficient des Drahtes im Seile die relative Dehnung (Dehnung der Längeneinheit des Seildrahtes) für die Drahtquerschnittseinheit und für die Belastungseinheit.*)

Ist nun (um die Bezeichnungen zusammenzufassen):

E_0 (wie bisher und weiterhin) der Elasticitäts-Modul des Drahtes an sich (also des nicht geflochtenen Drahtes),
E der Elasticitäts-Modul und α der Dehnungs-Coëfficient des Seiles,
E' der Elasticitäts-Modul und α' der Dehnungs-Coëfficient des Drahtes im Seile,

so bestimmt sich zunächst nach dem obigen „Schema" die Grösse E aus dem gegebenen E_0, d. h. es ist für die folgende Betrachtung auch E als gegeben zu betrachten. Sofort hat man

$$\alpha = \frac{1}{E} \text{ (ebenfalls bekannt)}$$

α' ist aus α nach dem Folgenden zu bestimmen; sodann ist

$$E' = \frac{1}{\alpha'}$$

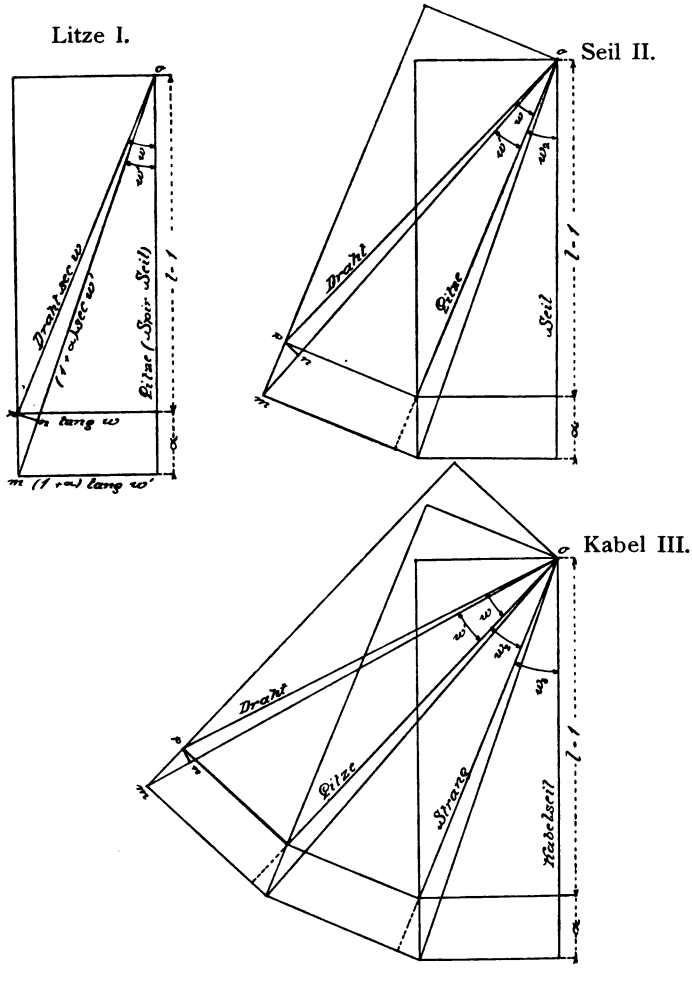
Schliesslich wird die gesuchte **Biegungsspannung des Drahtes im Seile,** d. i. die Biegungsspannung bei den Drahtseilen nach der einzig richtigen Auffassung mittelst der bekannten Formel

*) Nach dieser Definition kann der Elasticitäts-Modul d. i. der reciproke Werth des Dehnungs-Coëfficienten als diejenige Länge des Seiles, bezw. des Drahtes im Seile aufgefasst werden, welche durch die Belastungseinheit auf die Drahtquerschnittseinheit um die Längeneinheit ausgedehnt wird. Diese Länge ist selbstverständlich sehr gross, — eben so wie der Dehnungs-Coëfficient sehr klein ist.

$$\sigma = 0{,}5\, E' \frac{\delta}{R}$$

zu bestimmen sein.*)

Die Bestimmung des Dehnungs-Coëfficienten α' **des Drahtes im Seile** aus dem Dehnungs-Coëfficienten α **des Seiles** geschieht in der folgenden Weise.



*) Die Einführung des Elasticitäts-Moduls E' des „Drahtes im Seile" und die hiebei nothwendige, folgends durchgeführte Bestimmung des zuge-

I. Wir nehmen zuvörderst eine Litze — bezw. ein Spiralseil, also bloss **einmaliges Flechten** in Betracht.

Ein auf die Längeneinheit ($l = 1$) der Litze entfallendes Stück des schraubenförmig verlaufenden Drahtes in eine Ebene abgewickelt gedacht — ergibt bei dem Flechtwinkel w nach beistehender Fig. I. die ursprüngliche Drahtlänge $\sec w$.

Nach eingetretener Verlängerung α der Litze nimmt der Flechtwinkel die Grösse w' und der Draht die Länge $(1+\alpha)\sec w'$ an; es ist somit die der relativen Dehnung α der Litze entsprechende absolute Verlängerung des Drahtes $= (1+\alpha)\sec w' - \sec w$; und die relative Verlängerung, d. h. der Dehnungs-Coëfficient **des Drahtes im Seile** (hier im Spiralseile oder in der Litze) ist

$$\alpha' = \frac{(1+\alpha)\sec w' - \sec w}{\sec w} = (1+\alpha)\frac{\sec w'}{\sec w} - 1$$

oder

$$\alpha' = (1+\alpha)\cos w \sec w' - 1 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \text{a)}$$

Behufs Eliminierung von w' hat man

$$\sec w' = \sqrt{1 + \operatorname{tang}^2 w'}$$

nun ist wegen $(1+\alpha)\operatorname{tang} w' = \operatorname{tang} w$ (siehe Fig. I.)

$$\operatorname{tang} w' = \frac{1}{1+\alpha}\operatorname{tang} w,$$

somit

$$\sec w' = \sqrt{1 + \frac{\operatorname{tang}^2 w}{(1+\alpha)^2}} = \sqrt{1 + \frac{\sin^2 w}{(1+\alpha)^2 \cos^2 w}}$$

oder

$$\sec w' = \sqrt{\frac{(1+\alpha)^2\cos^2 w + \sin^2 w}{(1+\alpha)^2\cos^2 w}};\ \text{d. h.}$$

---

hörigen Dehnungs-Coëfficienten α' aus dem Dehnungs-Coëfficienten α des Seiles bildet — beiläufig gesagt — den zweiten Schwerpunct des vorliegenden (theoretischen) Kapitels.

$$(1+\alpha)\cos w \sec w' = \sqrt{(1+\alpha)^2 \cos^2 w + \sin^2 w}$$

dies in Gl. a) eingesetzt, ergibt die **wichtige Beziehung**

$$\alpha' = \sqrt{(1+\alpha)^2 \cos^2 w + \sin^2 w} - 1 \quad \ldots\ldots\ldots \text{b)}$$

Hiemit kann aus dem Dehnungs-Coëfficienten α eines Spiralseiles oder einer Litze bei einem gewissen Flechtwinkel w der Dehnungs-Coëfficient α' des Drahtes im Seile oder in der Litze bestimmt werden.

Anstatt dieser rechnerisch etwa unbequem zu handhabenden Beziehung (b) kann man sich der (wegen der ungemeinen Kleinheit von α) sehr annähernden, für die Anwendung beinahe eben so genauen Beziehung bedienen:

$$\alpha' = \alpha \cos^2 w \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \text{b')}$$

Die nahezu vollkommene Richtigkeit dieses mathematischen (nicht bloss technischen) Näherungswerthes für die Anwendung kann an der Hand der beigeschlossenen Figuren I, II, III sehr wohl controliert werden.*)

---

*) Immerhin mag die Ableitung dieses Näherungswerthes für etwaige Interessenten hier Platz finden (ohne indes zu beanspruchen, von Jedermann beachtet zu werden).

Mathematisch ganz genau ist nach Obigem

$$1+\alpha' = \sqrt{(1+\alpha)^2 \cos^2 w + \sin^2 w}$$

nach Quadrierung und Multiplication mit Beachtung, dass $\cos^2\alpha + \sin^2\alpha = 1$, folgt

$$1+\alpha' = \sqrt{1 + 2\alpha \cos^2 w + \alpha^2 \cos^2 w}$$

Indem man unter dem Wurzelzeichen $2\alpha \cos w$ hinzuaddiert und zugleich subtrahiert, erhält man

$$1+\alpha' = \sqrt{(1 + 2\alpha \cos w + \alpha^2 \cos^2 w) + 2\alpha \cos^2 w - 2\alpha \cos w}$$

d. i.

$$1+\alpha' = \sqrt{(1+\alpha \cos w)^2 - 2\alpha(\cos w - \cos^2 w)}$$

oder

Sofort ist der Elasticitäts-Modul des Drahtes im Spiralseile bezw. in der Litze

$$E' = \frac{1}{\alpha'}$$

wonach mittelst $\sigma = 0{,}5\ E' \frac{\delta}{R}$ die Biegungsspannung σ des Drahtes eines auf einer Rolle oder Trommel aufliegenden Spiralseiles oder einer aufliegenden Litze **correct** bestimmt werden kann.

$$1 + \alpha' = (1 + \alpha \cos w) \sqrt{1 - \frac{2\alpha (\cos w - \cos^2 w)}{(1 + \alpha \cos w)^2}}$$

die Wurzelgrösse mit sehr kleinem α hat die Form $\sqrt{1 - x}$ mit sehr kleinem x; es ist

$$\sqrt{1 - x} = 1 - {}^1/_2 x - {}^1/_8 x^2 - \ldots$$

in dieser sehr gut convergierenden (binom.) Reihe kann man (wegen der Kleinheit von x) die Glieder mit den Factoren x^2 etc. gegen ${}^1/_2 x$ vernachlässigen, und sonach als mathematischen Näherungswerth

$$\sqrt{1 - x} = 1 - {}^1/_2 x$$

setzen; sonach ist auch, mathematisch angenähert, technisch jedoch so viel als genau

$$\sqrt{1 - \frac{2\alpha (\cos w - \cos^2 w)}{(1 + \alpha \cos w)^2}} = 1 - \frac{\alpha (\cos w - \cos^2 w)}{(1 + \alpha \cos w)^2}$$

somit

$$1 + \alpha' = (1 + \alpha \cos w) \left\{ 1 - \frac{\alpha (\cos w - \cos^2 w)}{(1 + \alpha \cos w)^2} \right\}$$

wegen der Kleinheit von α kann man

$$(1 + \alpha \cos w)^2 = 1 + 2\alpha \cos w$$

setzen, d. h. das Glied $\alpha^2 \cos^2 w$ vernachlässigen, und es folgt

$$1 + \alpha' = (1 + \alpha \cos w) \left\{ 1 - \frac{\alpha \cos w - \alpha \cos^2 w}{1 + 2\alpha \cos w} \right\}$$

die Grösse in der Klammer $\{\ \}$ auf den gleichen Nenner gebracht, folgt

II. Für **zweimaliges Flechten,** d. h. für alle aus Litzen fertig geflochtenen Seile haben wir von der Beziehung b) zweimal Gebrauch zu machen:

erstlich bestimmen wir aus dem Dehnungs-Coëfficienten α des Seiles und dem Flechtwinkel w_2 bei dem zweiten Flechten (Steigungswinkel der Litzen) den Dehnungs-Coëfficienten α_2 der Litze, also

$$\alpha_2 = \sqrt{(1+\alpha)^2 \cos^2 w_2 + \sin^2 w_2} - 1$$

sodann ergibt sich aus diesem α_2 und aus dem Flechtwinkel w bei dem ersten Flechten (Litzenflechten) der Dehnungs-Coëfficient des Drahtes in dem zweimalgeflochtenen Seile:

$$1+\alpha' = (1+\alpha\cos w)\left\{\frac{1+\alpha\cos w+\alpha\cos^2 w}{1+2\alpha\cos w}\right\}$$

da für sehr kleine x die Grösse $\frac{1}{1+x} = 1-x$ gesetzt werden kann { indem für sehr kleine x das Product $(1+x)(1-x) = 1-x^2 = 1$}, so kann man auch wegen der Kleinheit von α

$$\frac{1}{1+2\alpha\cos w} = 1-2\alpha\cos w$$

setzen, und man erhält

$$1+\alpha' = (1+\alpha\cos w)(1+\alpha\cos w+\alpha\cos^2 w)(1-2\alpha\cos w)$$

d. i. nach Ausführung der zweiten Multiplication und Vernachlässigung zweier Glieder mit dem Factor α^2:

$$\begin{aligned} 1+\alpha' &= (1+\alpha\cos w)(1+\alpha\cos w+\alpha\cos^2 w-2\alpha\cos w) \\ &= (1+\alpha\cos w)(1+\alpha\cos^2 w-\alpha\cos w). \end{aligned}$$

Nach Multiplication und abermaligem Weglassen der Glieder mit dem Factor α^2

$$1+\alpha' = 1+\alpha\cos w+\alpha\cos^2 w-\alpha\cos w$$

d. i.

$$\underline{\alpha' = \alpha\cos^2 w}$$

als oben unter b' angeführter mathematischer Näherungswerth.

Ich gab diese Ableitung einigermassen ausführlich, damit sie Jedermann leicht verstehen könne.

$$\alpha' = \sqrt{(1+\alpha_2)^2 \cos^2 w + \sin^2 w} - 1 \text{*)}$$

Hieraus der Elasticitäts-Modul des Drahtes im Seile $E' = \frac{1}{\alpha'}$ und die Biegungsspannung $\sigma = 0{,}5\, E' \frac{\delta}{R}$.

III. Für **dreimaliges Flechten,** d. h. für die Kabelseile wird in der gleichen Weise zuerst aus dem Dehnungs-Coëfficient α des Seiles und aus dem Flechtwinkel w_3 beim dritten Flechten (Ansteigen der Stränge) der Dehnungs-Coëfficient α_3 des Stranges, dann aus diesem α_3 und aus dem Flechtwinkel w_2 beim zweiten Flechten (Ansteigen der Litzen) der Dehnungs-Coëfficient α_2 der Litzen und schliesslich aus diesem α_2 und aus dem Flechtwinkel w beim ersten Flechten (Litzenflechten) der Dehnungs-Coëfficient α' des Drahtes im Kabelseile bestimmt.**) Hieraus der Elasticitäts-Modul des Drahtes im Kabelseile $E' = \frac{1}{\alpha'}$ und die Biegungsspannung σ dieses Drahtes abermals mittelst

$$\sigma = 0{,}5\, E' \frac{\delta}{R}.$$

In den angeschlossenen Figuren I, II und III ist der hier unter I, II und III rechnungsmässig geschilderte Vorgang graphisch dargestellt; in jeder dieser Figuren ist $\overline{o\,p}$ die ursprüngliche Drahtlänge im Seile, $o\,m$ die verlängerte Drahtlänge, $\overline{m\,n}$ die absolute Drahtverlängerung, welche durch die relative Dehnung α des Seiles hervorgerufen wird; diese Grösse α und hiemit alle Verlängerungen sind der Deutlichkeit halber in vielmal vergrössertem Massstabe gezeichnet.

Hiernach ergeben sich bei einem **mittleren Flechtwinkel** $w = 18°$ die dem Dehnungs-Coëfficienten α des Seiles entsprechenden Dehnungs-Coëfficienten α' des **Drahtes im Seile,** wie folgt:

I. für einmaliges Flechten, also für eine Litze oder ein Drahtspiralseil

$$\alpha' = 0{,}904\, \alpha$$

---

*) Näherungswerth $\alpha' = \alpha \cos^2 w \cos^2 w_2$; und wenn $w_2 = w$ gesetzt, bezw. der Mittelwerth der beiden Flechtwinkel in Rechnung genommen wird, $\alpha' = \alpha \cos^4 w$.

**) Näherungswerth $\alpha' = \alpha \cos^2 w \,.\, \cos^2 w_2 \,.\, \cos^2 w_3$; und für w als Mittelwerth der drei Flechtwinkel $\alpha' = \cos^6 w$.

II. für zweimaliges Flechten, also für alle aus Litzen fertig geflochtenen Seile (sowohl für die bisher gewöhnlichen, als auch für alle Litzen-Spiralseile) — beide Flechtwinkel einander gleich, oder aber ihre mittlere Grösse $= w = 18°$ angenommen —:

$$\alpha' = 0{,}818\,\alpha.$$

III. für dreimaliges Flechten, also für alle Kabelseile — alle drei Flechtwinkel einander gleich oder aber ihre mittlere Grösse $= w = 18°$ angenommen —:

$$\alpha' = 0{,}740\,\alpha.$$

Note. Bei einem mässigen Flechtwinkel $w = 14^1/_2°$ ergeben sich:

ad I. $\alpha' = 0{,}937\,\alpha$
ad II. $\alpha' = 0{,}878\,\alpha$
ad III. $\alpha' = 0{,}823\,\alpha$.

Hingegen ergeben sich bei einem ziemlich grossen Flechtwinkel $w = 21^1/_2°$

ad I. $\alpha' = 0{,}865\,\alpha$
ad II. $\alpha' = 0{,}750\,\alpha$
ad III. $\alpha' = 0{,}649\,\alpha$.

Während also der Dehnungs-Coëfficient α des Seiles desto grösser ist, je grösser der Flechtwinkel w, so gestaltet sich der Dehnungs-Coëfficient α' des Drahtes im Seile im Verhältnisse zu α (d. h. der betreffende Reductions-Coëfficient) desto kleiner, je grösser der Flechtwinkel ist. Durch diesen Umstand wird der Einfluss des Flechtwinkels auf das Dehnungsvermögen des Drahtes im Seile ganz wesentlich abgeschwächt, und es ist sonach hier gestattet, für die Anwendung einen mittelgrossen Flechtwinkel in Rechnung zu nehmen, bezw. von der Grösse des Dralles weiterhin ganz abzusehen.

Den eben entwickelten (mittleren) Verhältnisszahlen der Dehnungs-Coëfficienten

	ad I.	ad II.	ad III.
$\alpha' =$	$0{,}904\,\alpha$	$0{,}818\,\alpha$	$0{,}740\,\alpha$

entsprechen die folgenden Verhältnisse ihrer reciproken Werthe und hiemit der Elasticitäts-Module:

$\frac{1}{\alpha'} =$	$1{,}106\,\frac{1}{\alpha}$	$1{,}222\,\frac{1}{\alpha}$	$1{,}351\,\frac{1}{\alpha}$
$E' =$	$1{,}106\,E$	$1{,}222\,E$	$1{,}351\,E$

Mit den vorhin angegebenen, aus den Versuchen combinierten Durchschnittswerthen der Elasticitäts-Module der Seile (bezogen auf $E_0 = 20\,000$ kg/mm$_2$ des Drahtes an sich), nämlich mit

$E =$	$0{,}6\ E_0$	$0{,}36\ E_0$	$0{,}216\ E_0$	
oder $E =$	12 000	7 200	4 320	kg/mm^2

ergibt sich nunmehr der Elasticitäts-Modul **des Drahtes im Seile:**

$E' =$	13 270	8 800	5 836	kg/mm^2
oder $E' =$	1 327 000	880 000	583 600	kg/cm^2

Zur Beurtheilung der (grössten) Biegungsspannung σ der Drähte eines Seiles (d. h. der Spannung der durch die Biegung meistausgedehnten Drahtfasern) resultieren somit für die Anwendung die folgenden Beziehungen, welche wegen der erwiesenen nahe gleichen relativen Dehnsamkeit **vorzüglicher** Drähte aus **allen** üblichen Stahlsorten — eben auch für alle Stahldrahtseile als giltig angenommen werden können; hiebei nehmen wir des Vergleiches halber auch den Draht an sich (für den Flechtwinkel = 0 oder nahe an 0) in Betracht.

Beziehungen für die Biegungsspannung σ.

Berufungs-No.	0	I	II	III	
Gegenstand ($E_0 = 20\,000$ kg/mm^2)	für den Draht an sich ($w = 0$)	für den Draht in einem: einmal	zweimal	dreimal	
		geflochtenen **neuen** Rundseile			
Elast.-Modul d. Seile $E =$	E_0	$0{,}6\ E_0$	$0{,}36\ E_0$	$0{,}216\ E_0$	
$E =$	20 000	12 000	7 200	4 320	kg/mm^2
„ „ „ Draht. $E' =$	E_0	$1{,}106\ E$	$1{,}222\ E$	$1{,}351\ E$	
„ „ „ „ $E' =$	E_0	$0{,}6636\ E_0$	$0{,}4400\ E_0$	$0{,}2918\ E_0$	
„ „ „ „ $E' =$	20 000	13 270	8 800	5 836	kg/mm^2
a) $\sigma = 0{,}5\ E' \frac{\delta}{R} =$ . . .	$10\,000 \frac{\delta}{R}$	$6\,635 \frac{\delta}{R}$	$4\,400 \frac{\delta}{R}$	$2\,918 \frac{\delta}{R}$	kg/mm^2
b) $R =$	$10\,000 \frac{\delta}{\sigma}$	$6\,635 \frac{\delta}{\sigma}$	$4\,400 \frac{\delta}{\sigma}$	$2\,918 \frac{\delta}{\sigma}$	σ in kg/mm^2

δ und R in gleichem Masse.

Es ist hier zu bemerken, dass die Spalte I dieser Zusammenstellung nicht bloss für die „einmal geflochtenen" Seile, also für die Litzen und für die **Draht-Spiralseile** Geltung hat, sondern auch für

die vierlitzigen **Stränge der Flachseile** als giltig angenommen werden kann, wenn die Litzen im Strange zwar (wie es sein muss) mit einem sehr kleinen Winkel, die Drähte in den Litzen jedoch mit einem ansehnlichen Winkel (16° oder 18° oder dgl.) geflochten sind; wenn aber sowohl die Litzen im Strange einen sehr kleinen, als auch die Drähte in den Litzen einen kleinen Flechtwinkel besitzen, so ist für die Flachseil-Stränge beiläufig das Mittel der beiden Spalten 0 und I in Anwendung zu bringen, d. h. es ist für die **steifen** Flachseile zu setzen:

$$\sigma = 8320\frac{\delta}{R} \quad \text{und} \quad R = 8320\frac{\delta}{\sigma}$$

Die Spalte III der obigen Zusammenstellung gilt für die („dreimal geflochtenen") Kabelseile, die Spalte II aber (vor der Hand) für **alle übrigen:** nämlich für alle aus Litzen fertig geflochtenen Seile (einschliesslich der Litzen-Spiralseile*). Die Spalte II ist für die Anwendung die wichtigste, nämlich die am meisten gebrauchte. Es ist jedoch bei der grossen Mannigfaltigkeit der Seilconstructionen, welche der Spalte II (vor der Hand) angehören, zu bemerken, dass die Zahlen-Ansätze dieser Spalte II doch nur eine beschränkte Giltigkeit haben, nämlich nur für die betreffenden normalmässigen Seilconstructionen, von denen einerseits (wie hier überhaupt) die Seile mit Drahteinlagen in den Litzen, andererseits aber auch die Seile mit abnorm starken Hanfeinlagen („biegsame" Seile par excellence) ausgeschlossen sind. Die Seile dieser beiden Arten werden demnächst und später noch besonders hier inbetracht gezogen werden.

Note. Mit Rücksicht darauf, dass in den hier eben angesetzten „Beziehungen für die Biegungsspannung" der Reductions-Coëfficient des Elasticitäts-Moduls für ein einzelnes Flechten in dem Betrage 0,6 angenommen wurde, welchen Betrag die an **neuen** Drahtseilen abgeführten Dehnungs-Versuche ergaben, ist festzuhalten, dass diese „Beziehungen" in numerischer Beziehung eben nur für **neue Seile** Geltung haben.

*) Es ist sehr wahrscheinlich, dass die Litzen-Spiralseile unter sonst gleichen Umständen dehnsamer, somit auch biegsamer sind, als die zweimal geflochtenen Seile bisheriger Construction, was mit dem Seildehnungs-Apparate von Diviš leicht nachzuweisen wäre, bisher jedoch nicht untersucht wurde.

8. Kapitel.

Practische Anwendung der Theorie der Biegungsspannung.

(Neue, d. h. ungebrauchte Seile betreffend.)

Für die practischen Ausmittlungen und Betrachtungen, welche die Biegungsspannung bei neuen (noch nicht gebrauchten) Seilen betreffen, seien hier zunächst die resultierenden Beziehungen der vorangehenden Zusammenstellung recapituliert und behufs vollständiger Deutlichkeit ergänzt.

Hauptresultate für die Anwendung.

Seilgattung No.	0	0—I	I	II	III	
Für das Seil $E=$	20 000	16 000	12 000	7 200	4 320	kg/mm²
Gegenstand ($E_0 = 20\,000$ kg/mm²)	für den Draht an sich $w=0$	Für den Draht in einem: vierlitzigen Strange der (steifen) Flachseile*)	einmal geflochtenen Rundseile: Draht-Spiralseile (incl. Drahtlitzen)	zweimal geflochtenen Rundseile: normalmäss. Rundseile **) (incl. Litzen-Spiralseile)	dreimal geflochtenen Rundseile: Kabelseile	
F. d. Draht im Seil $E'=$	20 000	16 635	13 270	8 800	5 836	kg/mm²
a) $\sigma = 0{,}5\,E'\frac{\delta}{R} =$ . .	$10\,000\frac{\delta}{R}$	$8\,320\frac{\delta}{R}$	$6\,635\frac{\delta}{R}$	$4\,400\frac{\delta}{R}$	$2\,918\frac{\delta}{R}$	kg/mm²
b) $R =$	$10\,000\frac{\delta}{\sigma}$	$8\,320\frac{\delta}{\sigma}$	$6\,635\frac{\delta}{\sigma}$	$4\,400\frac{\delta}{\sigma}$	$2\,918\frac{\delta}{\sigma}$	σ in kg/mm²

R und δ in demselben Masse.

*) Im Falle die Drähte in den Litzen eines Flachseiles einen ansehnlichen Flechtwinkel (16° oder 18° oder dgl.) besitzen und nur die Litzen in den Strängen (nothwendigerweise) locker geflochten sind, so kann für die Flachseile anstatt der Spalte 0—I vielmehr die Nachbarspalte I in Anwendung gebracht werden.

**) Welche nämlich weder Drahteinlagen (Drahtseelen) noch auch andererseits abnormal dicke Hanfseelen besitzen.

Für die practische Anwendung dieser theoretischen, auf Versuche gegründeten Resultate wird zuvörderst die Zeile a) zu benützen sein, um für eine vorhandene oder vorhanden gedachte Ausführung, wobei der Aufwicklungshalbmesser R und die Drahtdicke δ des betreffenden Seiles gegeben sind, die Grösse der **Biegungsspannung** σ durch Rechnung zu ermitteln. Dies ist allerdings eine sehr einfache Sache, umsomehr da diese Grösse σ aus einer der am Schlusse dieses Kapitels folgenden zwei Tabellen für verschiedene gangbare Werthe von R im Verhältnisse zu δ fertig abzulesen sein wird.

Etwas heikeliger und jedenfalls umständlicher ist es mit der practischen Anwendung der Zeile b) dieser theoretischen Resultate. Dieselbe wird zu benützen sein, um für eine zu lösende Constructions-Aufgabe, also in einem Entwurfe, die Grösse des **Aufwicklungshalbmessers** R für die Ausführung vortheilhaft anzunehmen, — entsprechend zu bemessen.

Da hiebei die Drahtdicke δ der freien, bezw. anderweitig beeinflussten Wahl überlassen werden muss, so wird es sich darum handeln, die practisch zulässigen Werthe der Biegungsspannung σ für die verschiedenen Seilgattungen und für die verschiedenen Zwecke dieser Seile festzusetzen, wonach die von Fall zu Fall mindestens erforderliche Grösse des Aufwicklungshalbmessers (die Seilscheiben in gleicher Weise wie die Seiltrommel betreffend) als Vielfaches von δ zu folgern sein wird.

Für die rationelle Festsetzung der practisch zulässigen Werthe von σ können aber wieder nur practisch wohl ausführbare und bereits bewährte Constructionen massgebend sein. Einen anderweitigen und wichtigen Anhaltspunct werden uns aber hiebei diejenigen Werthe der aus der Seilbelastung erwachsenden Dehnungsspannung s bieten, welche dem meist geforderten und bei guten Ausführungen auch üblichen Sicherheitsgrade entsprechen, und zu welchen für die meist beanspruchten Drahtfasern die jeweiligen Werthe der Biegungsspannung σ additiv hinzukommen; die grösste Beanspruchung des Seildrahtes ist eben $= s + \sigma$.

Der genannte geforderte und übliche Sicherheitsgrad (ohne Rücksicht auf die Biegungsspannung) ist aber für die Rundseile, insbesondere als Förderungs- und Transmissions-Seile, bei guten Ausführungen **7,5** fache Sicherheit.

Für die in der Anwendung vorkommenden Abstufungen der „absoluten Festigkeit“ d. i. der Bruchbelastung des Seilmaterials

$A =$	60	90	120	150	180	kg/mm²
sind $s =$	8	12	16	20	24	„

die (bei 7,5 facher „nomineller" Sicherheit) durchschnittlich vorkommenden Werthe der Dehnungsspannung.

In Anbetracht des vorkommenden beiläufig kleinsten Werthes $s = 8$ kg/mm² (für den weichsten Draht, — Eisendraht) geben wir ohne weiteren Commentar der Biegungsspannung σ nach einander die Werthe $\sigma = 5, 6, 7$ etc. bis 16 kg/mm² und ermitteln für die verschiedenen oben bezeichneten Seilgattungen die relativen (auf δ bezogenen) Werthe von R, welche diesen Biegungsspannungen entsprechen.

Der Vollständigkeit unserer Betrachtung wegen wollen wir jedoch hier noch diejenigen zweimal geflochtenen Seile einschalten, welche relativ sehr dicke Hanfeinlagen in den Litzen oder aber zwischen den Litzen im Seile besitzen, demgemäss allgemein als „biegsame" oder „sehr biegsame" etc. Seile bezeichnet und insbesondere als Krahnseile verwendet werden. In Betreff der Dehnsamkeit und Biegsamkeit reihen sich dergleichen Seile zwischen unsere normalmässigen Seile II und die Kabelseile III an; die hiefür passende Bezeichnung ist sonach II—III. Denselben kann ein Elasticitäts-Modul des Drahtes im Seile (abgerundet) $E' = 7500$ kg/mm² zugesprochen werden, woraus $\sigma = 0{,}5\ E' \frac{\delta}{R} = 3750 \frac{\delta}{R}$ und $R = 3750 \frac{\delta}{\sigma}$ folgt; insbesondere gehören hierher die aus 9 drähtigen und 10 drähtigen Litzen bestehenden Litzen-Spiralseile, aber auch die übrigen als „biegsam" bezeichneten Seile.

Eine einzige und zwar häufig gebrauchte Seilgattung bleibt von der gegenwärtigen Betrachtung vor der Hand völlig ausgeschlossen; es sind die gangbaren aus 6 drähtigen — je einen siebenten Draht als Einlage (Drahtseele) enthaltenden — Litzen geflochtenen Seile. Obwohl aus Litzen fertig geflochten, gehören diese vorgeblich „schönen" Seile (wie bereits früher erwähnt) nicht in die obige Spalte II, weil ihnen ein wesentlich anderer Werth des Elasticitäts-Moduls zukommt. Wir werden dieselben demnächst einer besonderen Betrachtung werth und schliesslich der Anwendung **nicht** werth finden.

Aus dem hiemit erörterten Programm ergibt sich die nachstehende Orientierungs-Tabelle mit der hinzugefügten, durch eine „Wesentliche Bemerkung" motivierten „Ergänzung".

Orientierungs-Tabelle über die Biegungsspannung σ und den Aufwicklungs-Halbmesser R bei allen Seilconstructionen.

Seilgattung No.	0	$\widehat{0-I}$	I	$\widehat{I-II}$	II	$\widehat{II-III}$	III
Gegenstand	Draht an sich	gewöhnl. Flachseile (steif)	Drahtspiralseile: Flachseile im Mittel	Biegsame Flachseile	zweimal geflochtene Rundseile: normal	zweimal geflochtene Rundseile: (sehr) biegsam	Kabelseile
$E=$	20 000	16 000	12 000	10 230	7 200	5 905	4 320
$E'=$	20 000	16 640	13 270	11 800	8 800	7 500	5 840
$\sigma=$	$10\,000\frac{\delta}{R}$	$8\,320\frac{\delta}{R}$	$6\,635\frac{\delta}{R}$	$5\,900\frac{\delta}{R}$	$4\,400\frac{\delta}{R}$	$3\,750\frac{\delta}{R}$	$2\,920\frac{\delta}{R}$
$R=$	$10\,000\frac{\delta}{\sigma}$	$8\,320\frac{\delta}{\sigma}$	$6\,635\frac{\delta}{\sigma}$	$5\,900\frac{\delta}{\sigma}$	$4\,400\frac{\delta}{\sigma}$	$3\,750\frac{\delta}{\sigma}$	$2\,920\frac{\delta}{\sigma}$
$\sigma=5$ kg/mm²; $R=$	2 000 δ	1 664 δ	1 327 δ	1 180 δ	880 δ	750 δ	584 δ
			Transm.? $R=1200\,\delta$		Transm. $R=800\,\delta$		
$\sigma=6$ „ $R=$	1 667 δ	1 387 δ	1 106 δ	983 δ	733 δ	625 δ	486 δ
			Förders.? $R=1000\,\delta$		Förders. $R=700\,\delta$		
$\sigma=7$ „ $R=$	1 429 δ	1 190 δ	948 δ	843 δ	630 δ	536 δ	417 δ
						Aufzugs. $R=500\,\delta$	
$\sigma=8$ „ $R=$	1 250 δ	1 040 δ	830 δ	737 δ	550 δ	470 δ	365 δ
				Flachs. $R=700\,\delta$			
$\sigma=9$ „ $R=$	1 111 δ	924 δ	737 δ	666 δ	490 δ	417 δ	325 δ
			Flachs. $R=700\,\delta$				
$\sigma=10$ „ $R=$	1 000 δ	832 δ	664 δ	590 δ	440 δ	375 δ	292 δ
$\sigma=11$ „ $R=$	909 δ	756 δ	604 δ	536 δ	400 δ	340 δ	265 δ
		Flachs. $R=700\,\delta$					
$\sigma=12$ „ $R=$	833 δ	693 δ	553 δ	492 δ	367 δ	313 δ	243 δ
						Krahns. $R=300\,\delta$	Krahns. $R=233\,\delta$
$\sigma=13$ „ $R=$	769 δ	640 δ	510 δ	454 δ	338 δ	288 δ	224 δ
$\sigma=14$ „ $R=$	714 δ	594 δ	474 δ	421 δ	314 δ	268 δ	208 δ
$\sigma=15$ „ $R=$	667 δ	555 δ	442 δ	393 δ	294 δ	250 δ	195 δ
$\sigma=16$ „ $R=$	625 δ	520 δ	415 δ	369 δ	275 δ	234 δ	182 δ

Ergänzung

zu der nebenstehenden Orientierungs-Tabelle.

Seilgattung No.	IIa.	IIb.	IIc.	IId.	III
Gegenstand	zweimal geflochtene Rundseile				Kabelseile
	normal	biegsam	sehr biegsam	besond. biegsam	
Charakt. $d^2 : i\,\delta^2 =$	2,2 bis 2,5	2,5 bis 2,8	2,8 bis 3,2	3,2 bis 3,6	3,6 bis 4,6
$E =$	7 200	6 553	5 905	5 113	4 320
$E' =$	8 800	8 150	7 500	6 670	5 840
$\sigma =$	$4\,400\frac{\delta}{R}$	$4\,075\frac{\delta}{R}$	$3\,750\frac{\delta}{R}$	$3\,335\frac{\delta}{R}$	$2\,920\frac{\delta}{R}$
$R =$	$4\,400\frac{\delta}{\sigma}$	$4\,075\frac{\delta}{\sigma}$	$3\,750\frac{\delta}{\sigma}$	$3\,335\frac{\delta}{\sigma}$	$2\,920\frac{\delta}{\sigma}$
$\sigma = 5$ kg/mm²; $R =$	880 δ	815 δ	750 δ	667 δ	584 δ
$\sigma = 6$ „ $R =$	733 δ	679 δ	625 δ	556 δ	486 δ
$\sigma = 7$ „ $R =$	630 δ	582 δ	536 δ	476 δ	417 δ
$\sigma = 8$ „ $R =$	550 δ	510 δ	470 δ	417 δ	365 δ
$\sigma = 9$ „ $R =$	490 δ	453 δ	417 δ	370 δ	325 δ
$\sigma = 10$ „ $R =$	440 δ	408 δ	375 δ	333 δ	292 δ
$\sigma = 11$ „ $R =$	400 δ	370 δ	340 δ	303 δ	265 δ
$\sigma = 12$ „ $R =$	367 δ	340 δ	313 δ	278 δ	243 δ
$\sigma = 13$ „ $R =$	338 δ	313 δ	288 δ	256 δ	224 δ
$\sigma = 14$ „ $R =$	314 δ	291 δ	268 δ	238 δ	208 δ
$\sigma = 15$ „ $R =$	294 δ	272 δ	250 δ	222 δ	195 δ
$\sigma = 16$ „ $R =$	275 δ	255 δ	234 δ	208 δ	182 δ

Wesentliche Bemerkung.

Inbetreff des Biegsamkeitsgrades ist bei einer gewissen Seilkategorie das Flächenverhältniss $d^2 : i\,\delta^2$ (des ganzen Seilquerschnittes $d^2\frac{\pi}{4}$ zu dem wirksamen Drahtquerschnitte $i\,\delta^2\frac{\pi}{4}$) als Anhaltspunct zu nehmen. Dieses wichtige Verhältniss ($d^2 : i\,\delta^2 = z$) haben wir bereits als Biegsamkeits-Characteristik bezeichnet, und in den vorletzten Zeilen der sämmtlichen Seiltabellen für jede Seilconstruction numerisch angegeben.

Hier machen wir diese „Characteristik“ (vor der Hand) nur bei den zweimal geflochtenen Rundseilen — gleichgiltig, ob es Seile der bisherigen Anwendung oder aber die neuartigen Litzen-Spiralseile sind — geltend; in den später folgenden Tabellen der fertigen Werthe der Biegungsspannung σ werden wir das Gleiche auch bei den Flachseilen (ihre 4 litzigen Stränge betreffend) vornehmen.

Es sind, wie in dieser „Ergänzung" angedeutet, in Betracht zu ziehen die Spalten:

IIa.	wenn	$\alpha^2 : i\,\delta^2 = 2{,}2$	bis	2,5	
IIb.	„	„ „	$= 2{,}5$	„	2,8
IIc.	„	„ „	$= 2{,}8$	„	3,2
IId.	„	„ „	$= 3{,}2$	„	3,6
Bei III	ist	„ „	$= 3{,}6$	„	4,6.

Die vorangehende „Orientierungs-Tabelle ist für die Anwendung der Drahtseile überaus inhaltreich und belehrend. Wir wollen hieraus nur das Wichtigste herausstechen; die betreffenden (wichtigsten) Stellen der Tabelle sind durch eingeschaltete Textierung (den Zweck der Seile und die zugehörige Regel betreffend) gekennzeichnet.

Die gewöhnlichen zweimal geflochtenen Seile als Transmissions- und Förderseile.

Wenn wir zuvörderst die Hauptspalte II, welche die zweimal geflochtenen „normalen" Seile betrifft, ins Auge fassen, so erblicken wir sofort nach üblichen guten Ausführungen passende Verhältnisse:

a) in den Zeilen $\sigma = 5$ und $\sigma = 6$ kg für Transmissionsseile, mit der Regel $R \eqslantless$ **800** δ
b) in den Zeilen $\sigma = 6$ und $\sigma = 7$ kg für die Förderseile mit der Regel $R \eqslantless$ **700** δ.

Wenn wir hiebei die Verschiedenheit des Drahtmaterials nach den üblichen Abstufungen der Härte oder vielmehr der absoluten Festigkeit A bei 7,5 facher „nomineller" Sicherheit in Betracht ziehen, so ergibt sich die Totalspannung $s + \sigma$ der beanspruchtesten Drahtfasern und ihr Sicherheitsgrad $\frac{A}{s+\sigma}$ folgends:

a) für die **Transmissions**-Seile wenn $R = 800\,\delta$

für $A = 60$	90	120	150	180 kg/mm²	
$s = \frac{A}{7{,}5} = 8$	12	16	20	24	„
$\sigma = 5{,}5$	5,5	5,5	5,5	5,5	„
$s + \sigma = 13{,}5$	17,5	21,5	25,5	29,5	„
$\frac{A}{s+\sigma} = 4{,}4$	5,1	5,6	5,9	6,1 fache Sicherheit.	

b) für die **Förderseile** als Rundseile, wenn $R = 700\,\delta$

für $A =$	60	90	120	150	180 kg/mm²
$s = \frac{A}{7{,}5} =$	8	12	16	20	24 „
$\sigma =$	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3 „
$s + \sigma =$	14,3	18,3	22,3	26,3	30,3 „
$\frac{A}{s+\sigma} =$	4,2	4,9	5,4	5,7	5,9 fache Sicherheit.

Die hiemit berechneten Sicherheitsgrade können wir als solche hinnehmen, welche den Drahtseilen bei den in Betracht gezogenen Maschinen-Constructionen (für die Kraftübertragung und Maschinenförderung) unter den angenommenen Voraussetzungen (die Grösse von R etc. betreffend) thatsächlich zukommen, so lange dieselben die durch Versuche erprobten Eigenschaften neuer Seile (die Elasticität betreffend) besitzen.

Für die Stahlseile haben wir es hier mit 5 bis 6 facher Sicherheit der sog. „gefährlichsten" Stellen der Seile (bezw. der Seildrähte) zu thun. Im Vergleiche mit sonstigen Maschinentheilen wäre diese Sicherheit etwas zu knapp bemessen, denn wir verlangen da mehr als sechsfache Sicherheit. Allein man darf nicht übersehen, dass das Drahtseil gegenüber andern Maschinentheilen (Zapfen, Kurbeln, Wellen etc.) in einem gewissen Vortheile ist, welcher darin besteht, dass dasselbe aus einer bedeutenden Anzahl von Elementen (Drähten) besteht, und demnach (abgesehen von ausserordentlichen gewaltigen Anlässen) nie plötzlich reisst; im Gegentheil kann ein an einzelnen Stellen (durch einzelne gebrochene Drähte) bereits beschädigtes Seil noch durch einige Zeit (bei etwas herabgesetztem Sicherheitsgrade) ohne weiters fungieren, während eine angebrochene Kurbel oder dgl. einer weiteren Function eigentlich unfähig ist.*)

*) Dem entgegen ist jedoch zu bedenken, dass die Drahtseile insbesondere als stetig angestrengte Förderseile im Durchschnitte kaum eine zweijährige Betriebsdauer (und die Transmissionsseile vielleicht das doppelte davon) erreichen, während die üblichen Maschinen-Constructionen (wenn sie nicht allzusehr dem Schnellbetriebe dienen) wohl auch die zehnfache Betriebsdauer erreichen können; sonach können wir uns kaum der Ahnung erwehren, dass die Drahtseile im allgemeinen die ihnen als neuen Seilen zukommenden Sicherheitsgrade (5 bis 6 fache Sicherheit) nur durch eine sehr kurze Zeit besitzen und sodann während des grössten Theiles des Betriebes mit einer noch viel geringeren Sicherheit arbeiten.

Mit diesem Gegenstande befasst sich eingehend das 11. Kapitel der vorliegenden Abhandlung.

Wenn wir uns demnach bei den Stahldrahtseilen, und zwar als neuen Seilen (unter Berücksichtigung der Biegungsspannung) auch mit der fünffachen Sicherheit begnügen, diese rechnungsmässige Sicherheit aber bei Maschinen-Constructionen, die mehrweniger unausgesetzt in Function sind, **nach aller Möglichkeit** auch verlangen, ersehen wir aus den obigen beiden Zusammenstellungen a) und b), dass die Eisendrahtseile (mit $A = 60$ kg/mm^2) bei den üblichen **guten** Ausführungen diese 5 fache Sicherheit **nicht** besitzen, sondern nur eine (durchschnittlich) 4,3 fache Sicherheit nachweisen! Da diese Seile practisch erwiesenermassen mit diesem geringeren Sicherheitsgrade denn doch fungieren und namentlich in früherer Zeit ausschliesslich fungiert haben, so ist dies zuvörderst ein Fingerzeig, dass die Seile bei Maschinen-Constructionen **zur Noth** auch eine etwas geringere, als die 5 fache Sicherheit vertragen, dabei aber auch eine geringere Betriebsdauer, als solche mit 5 facher Sicherheit für sich haben, wie es bezüglich der Eisendrahtseile im Vergleiche mit den Stahldrahtseilen durch practische Erfolge auch in der That erwiesen ist; aus den jährlichen Betriebsausweisen verschiedener Bergwerks-Complexe kann man ersehen, dass die Eisendrahtseile (insoweit man sie bei der Maschinenförderung noch verwendet) verhältnissmässig häufiger reissen und überhaupt kürzer dauern, als die Stahlseile mit ihrer 5 bis 6 fachen Sicherheit. Aus dieser Verlegenheit, welche uns die Eisendrahtseile seit jeher bereitet haben, ist heutzutage der Ausweg sehr einfach; man vermeide überhaupt die Eisendrahtseile, und wende — insonderheit der Preis für eine gewisse Belastung nicht merklich verschieden ist — bei Maschinen-Constructionen lediglich die Stahlseile an. Die Praxis befolgt bereits vorwiegend diesen weisen Rath.

Zusätzliche Bemerkungen.

Wir haben bei den Förderseilen als Rundseilen für **gute Ausführungen** den minimalen Aufwicklungshalbmesser $R \gtrdot 700\,\delta$ ins Auge gefasst; nun finden wir in Büchern, in Seiltabellen und Preiscourants der Drahtseilfabriken und dgl. beinahe durchwegs als gestattet angegeben $R \gtrdot 500\,\delta$!!!

Diese Angabe erscheint uns zum mindesten sehr gewagt und zu mangelhaften Ausführungen Anlass gebend.

In Anbetracht, dass die aus der Regel $R \gtrdot 700\,\delta$ oben gefolgerten Sicherheitsgrade als ganz plausibel dargestellt wurden, könnten wir (nach bestehenden Ausführungen minderer Vollkommenheit) etwa als **zur Noth** noch hinreichend ansetzen

$$R \gtrdot 600\,\delta$$

hierzu gibt obige Orientierungs-Tabelle (für normale Seile) $\sigma = 4400 \frac{\delta}{R} =$ 7,3 kg/mm² und wir erhalten

	für $A = 60$	90	120	150	180 kg/mm²	
	$s = \frac{A}{7,5} = 8$	12	16	20	24	„
	$\sigma = 7,3$	7,3	7,3	7,3	7,3	„
	$s + \sigma = 15,3$	19,3	23,3	27,3	31,3	„
m)	$\frac{A}{s+\sigma} = 3,9$	4,7	5,1	5,5	5,75 fache Sicherheit.	

für $R = 500\ \delta$ und hiezu $\sigma = 4400 \frac{\delta}{R} = 8,8$ kg/mm² ergäbe sich

	$s + \sigma = 16,8$	20,8	24,8	28,8	32,8 kg/mm²
n)	$\frac{A}{s+\sigma} = 3,6$	4,3	4,8	5,3	5,5 fache Sicherheit.

Wir erachten bei den Förderseilen (unter der selbstverständlichen Voraussetzung, dass mittelst derselben ausser Erz oder Kohle auch die Mannschaft zu fördern ist) 5 bis 6 fache Sicherheit als nothwendig. Wenn wir den vorwiegend angewendeten Stahldraht mit $A = 120$ ins Auge fassen, so finden wir in der Zeile m) diese Sicherheit noch zur Noth erreicht, in der Zeile n) finden wir sie nicht; wir dürfen hier sagen: quod erat demonstrandum.

Das gesagte gilt bei Anwendung der gewöhnlichen (normalen) Drahtseile zur Förderung (etwa mit Einschluss der Litzen-Spiralseile aus 8 drähtigen Litzen). Etwas anders würde sich die Sache gestalten, und der Ansatz $R \gtrless 500\ \delta$ könnte **zur Noth** genügen, wenn man für die Förderung **biegsame** Drahtseile in unserem Sinne (mit relativ starken Hanfeinlagen, z. B. Litzen-Spiralseile aus 9 oder 10 drähtigen Litzen) anwenden würde; es wäre sodann nach der betreffenden Spalte unserer „Orientierungs-Tabelle“ $\sigma = 3750 \frac{\delta}{R} = 7,5$ kg/mm², nahezu übereinstimmend mit dem obigen Werthe $\sigma = 7,3$ kg für die normalen Seile bei $R \gtrless 600\ \delta$. Allein die „biegsamen“ Seile werden ihrer relativ bedeutenden Dicke wegen bei der Schachtförderung in der Regel nicht angewendet, und es bleibt somit bei dem oben Gesagten. Hingegen ist bei Aufzügen auf mässige Höhen (so wie auch bei Bremsanlagen) die Anwendung biegsamer (relativ dickerer) Seile und hiemit auch die Annahme $R \gtrless 500\ \delta$ **zur Noth** gestattet, was später noch besprochen werden wird. —

Die Draht-Spiralseile als Transmissions- und Förderseile.

Für die beiden Zwecke der Kraft-Transmission und besonders der Förderung könnte man auch an die Anwendung der **Draht-Spiralseile** denken. Die kleinere Dicke derselben, namentlich aber

die ausgezeichnet schöne Rundung dieser Seile geben hiezu die Veranlassung. Aus den ersten 3 Zeilen unserer Orientierungs-Tabelle ist zu ersehen, dass man hiebei für Transmissionszwecke Seilscheibenhalbmesser

$R \gtrapprox 1200\,\delta$ anstatt des vorherigen $R \gtrapprox 800\,\delta$ zur Anwendung bringen müsste, während für die Förderung Aufwicklungshalbmesser

$R \gtrapprox 1000\,\delta$ anstatt der vorherigen $R \gtrapprox 700\,\delta$ nothwendig wären, wenn die vorher unter a) und b) als nothwendig erkannte 5 bis 6 fache Sicherheit (bei den Stahlseilen) eingehalten werden soll.

Die Nothwendigkeit des sehr bedeutenden Seilscheiben- und Seiltrommel-Halbmessers $R \gtrapprox 1000\,\delta$ wäre kein Anstand bei der Tiefbauförderung, bei welcher aus anderweitigen Rücksichten noch viel grössere Trommeln, namentlich als konische Spiraltrommeln (mit Seilrillen auf der Trommel-Oberfläche) zur Anwendung kommen. In allen andern Fällen wird aber die Nothwendigkeit so bedeutender Grössen von R (abgesehen von noch andern Unzukömmlichkeiten) lästig sein.

Es ist hier nicht der Ort, in diese Specialität sich tiefer einzulassen (sie gehören vielmehr in eine Abhandlung über die Förderung) nur das eine mag angedeutet werden, dass die kleinere Dicke der Draht-Spiralseile nicht gar sehr viel ausgibt*) und dass andererseits die schöne Rundung auch bei den Litzen-Spiralseilen vorhanden ist, welche gegen die Drahtspiralseile für Förderungszwecke noch anderweitige unverkennbare Vortheile besitzen.

Die Flachseile als Förderseile.

Eine weitere besondere Beachtung müssen wir den **Flachseilen** (im Vergleiche mit den Rundseilen) widmen.

Wir haben in unserer „Orientierungs-Tabelle" den Flachseilen begründeterweise die Spalte $\widehat{0\,\mathrm{I}}$ anberaumt, wenn wir es mit den gewöhnlichen (ziemlich steifen) Seilconstructionen zu thun haben, während wir sie nach der Spalte I zu beurtheilen haben, wenn wir

*) Wenn auch die Dicke eines Draht-Spiralseiles um 17% kleiner ausfällt, als jene eines äquivalenten zweimal geflochtenen Seiles, so gestaltet sich die konische Seiltrommel für das Spiralseil nur um 13% schmäler als für das gewöhnliche Seil.

sie als minder steife Seile (als Flachseile von mittlerer Biegsamkeit) hergestellt denken.*)

Beiderseits macht man in der Anwendung den Bobinenhalbmesser in der Regel nicht grösser als $R = 700\,\delta$. Bei bedeutend grösserem R würde nämlich die Bobine als Seilgewichts-Ausgleichungs-Apparat ganz illusorisch werden. Für diese (selbst bei guten Constructionen) höchstens beliebte Grösse von R nimmt die Biegungsspannung σ

α) bei dem „steifen" Flachseile nahe den Werth $\sigma = 12$ kg/mm²
β) „ „ „mittleren" „ den Werth $\sigma = 9{,}5$ kg/mm²

an.

Wenn wir vor der Hand wie vorhin bei den Rundseilen für die Förderung die 7,5 fache „nominelle" Sicherheit (bei Berücksichtigung der blossen Dehnungsspannung s) ins Auge fassen und die Verschiedenheit des Drahtmaterials nach den üblichen Abstufungen der Härte, bezw. der absoluten Festigkeit A beurtheilen, so ergibt sich für die **Flachseile** die Totalspannung $s + \sigma$ der beanspruchtesten Drahtfasern und der Sicherheitsgrad $\frac{A}{s+\sigma}$ derselben folgends:

ad α) für die **steifen Flachseile** mit $\sigma = 12$ kg/mm²

für $A =$	60	90	120	150	180 kg/mm²
$s = \frac{A}{7{,}5} =$	8	12	16	20	24 „
$\sigma =$	12	12	12	12	12 „
$s + \sigma =$	20	24	28	32	36 „
$\frac{A}{s+\sigma} =$	3,0	3,75	4,3	4,7	5,0 fache Sicherheit.

ad β) für die **mittleren Flachseile** mit $\sigma = 9{,}5$ kg/mm²

für $A =$	60	90	120	150	180 kg/mm²
$s = \frac{A}{7{,}5} =$	8	12	16	20	24 „
$\sigma =$	9,5	9,5	9,5	9,5	9,5 „
$s + \sigma =$	17,5	21,5	25,5	29,5	33,5 „
$\frac{A}{s+\sigma} =$	3,4	4,2	4,7	5,1	5,4 fache Sicherheit.

*) Die in einer dritten Spalte noch vorgedachten „biegsamen" Flachseile (mit starken Hanfeinlagen in den Stranglitzen oder aber gar Flachseile

Man sieht, dass selbst die (betreffs der Biegsamkeit) als **„mittlere"** bezeichneten Flachseile die für die Förderung mit Rundseilen als nothwendig erkannte 5 bis 6 fache rechnungsmässige Sicherheit nur bei den zwei härtesten Stahldrahtsorten ($A = 150$ und 180) besitzen würden, dass aber die „steifen" Flachseile diese nothwendige Sicherheit überhaupt nicht erreichen. Da nun die Flachseile im Allgemeinen aus dem härtesten Stahldraht (aus Rücksicht für das Durchnähen etc.) in der Regel **nicht** angefertigt werden und da vielmehr der mittlere Stahldraht (mit $A = 120$) als das beste Material hiefür erkannt ist, so erscheinen die nach den beiden obigen Ansätzen α) und β) gerechneten Flachseile überhaupt **viel zu wenig sicher.**

Indem nun nach obiger Andeutung an eine Herabsetzung der Biegungsspannung σ (durch Vergrösserung des Bobinenhalbmessers R) füglich nicht zu denken ist, so erübriget für die Anwendung **nur ein Mittel,** nämlich die Verminderung der Dehnungsspannung s, also die Anwendung einer **höheren** als der 7,5 fachen nominellen Sicherheit.

Nehmen wir demgemäss, wie dies bei guten Ausführungen beiläufig der Fall ist, oder doch der Fall sein soll, neunfache nominelle Sicherheit in Betracht, so ergibt sich die folgende Berechnung:

ad α) für die **„steifen"** Flachseile mit $\sigma = 12$ kg/mm²

für $A =$	60	90	120	150	180 kg/mm²
$s = \frac{A}{9} =$	6,7	10	13,3	16,7	20 „
$\sigma =$	12	12	12	12	12 „
$s + \sigma =$	18,7	22	25,3	28,7	32 „
$\frac{A}{s+\sigma} =$	3,2	4,1	4,7	5,2	5,6 fache Sicherheit.

ad β) für die **„mittleren"** Flachseile mit $\sigma = 9{,}5$ kg/mm²

für $A =$	60	90	120	150	180 kg/mm²
$s = \frac{A}{9} =$	6,7	10	13,3	16,7	20 „
$\sigma =$	9,5	9,5	9,5	9,5	9,5 „
$s + \sigma =$	16,2	19,5	22,8	26,2	29,5 „
$\frac{A}{s+\sigma} =$	3,7	4,6	5,3	5,7	6,1 fache Sicherheit.

aus dreimal geflochtenen Strängen) findet man in der Anwendung bis jetzt höchst selten, weshalb wir sie hier nicht beachten, obwohl sie ihrer Biegsamkeit und bedeutenderen Dicke wegen der Anwendung in höherem Masse werth wären.

Die mit 9 facher „nomineller" Sicherheit berechneten **„steifen"** Flachseile hätten somit nur bei den härtesten Stahldrahtsorten, aus welchen sie in der Regel **nicht** hergestellt werden, die bei den Rundseilen geforderte 5 bis 6 fache Sicherheit; die **„mittleren"** Flachseile hätten zwar diese Sicherheit so ziemlich bei **allen** Stahldrahtsorten, aber sie wurden bisher weit weniger angewendet, als die mehr weniger steifen Flachseile.

Der weichste Stahldraht und insbesondere der Eisendraht bietet aber die geforderte Sicherheit (selbst auch nur die fünffache) bei den Flachseilen durchaus nicht; derselbe ist (wie dies auch schon bei den Förderseilen als Rundseilen als angezeigt nachgewiesen wurde) aus der Anwendung füglich zu eliminieren.

Es geht hervor, dass die Flachseile nur in selteneren Fällen der bisherigen Anwendung die den Förderungs-Rundseilen zukommende Sicherheit rechnungsgemäss besitzen. Die Anwendung hat jedoch erwiesen, dass die Flachseile in noch bedeutend höherem Grade eine **geringere Betriebsdauer** im Vergleiche mit den Rundseilen auf ihrer Seite haben, als es nach der vorangehenden Berechnung zu erwarten wäre. Der Grund davon ist längst bekannt und liegt in der Anfertigungsweise, sowie in der Functionsweise der Flachseile. Leider entzieht sich das betreffende, die Flachseile gegenüber den Rundseilen abschwächende Moment jeglicher rechnungsmässigen Behandlung; zu begreifen ist es aber äusserst leicht: abgesehen von der durchaus unverbürgten Gleichheit der Anspannung der Seildrähte, bewirken die Nähdrähte des Flachseiles, indem sie den auf die einzelnen Seilschläge wirkenden gewaltigen Druck erleiden und mit diesem Drucke auf die Seildrähte reagieren, eine sehr schädliche Beanspruchung dieser Seildrähte auf Quetschung und Biegung, wodurch das Flachseil in kurzer Zeit functionsunfähig wird; es muss zunächst repariert und nach wenigen Reparaturen ganz abgeworfen werden. Demgemäss sind die Flachseile im Vergleiche mit den Rundseilen sehr schwer, in gesteigertem Masse sehr theuer und dabei sehr wenig dauerhaft. Da sie ausserdem bei grossen Tiefen eine höchst mangelhafte Seilgewichts-Ausgleichung gewähren, so meidet die jetzige Praxis nach aller Möglichkeit die Anwendung der Flachseile. Mit Recht bleibt diese letztere (bei Neuanlagen) auf diejenigen Fälle beschränkt, in denen die Anordnung des Förderseiles in einer und derselben Verticalebene (der Seilscheibe) unbedingt gefordert wird, — in der Regel zu dem Zwecke, um namentlich bei Aufzügen und Bremsanlagen die Seiltrommel (als Bobine) möglichst nahe an den Seilscheiben oder an dem Förderschachte anbringen zu können.

Seile für Aufzüge und Bremsanlagen.

Insofern diese Seile verschiedenen bergmännischen oder auch anderweitigen Manipulationszwecken dienlich sind,*) haben sie in der Regel keine besonders grosse Länge und sind demnach leicht so einzurichten, dass sie auf verhältnissmässig viel keineren Trommeln als die normalen Förderseile aufgewickelt werden können.

Man nehme zu diesem Zwecke (wie bereits oben nebenbei erwähnt) **biegsame** Seile in unserem Sinne (mit relativ dicken Hanfeinlagen, eventuell Litzen-Spiralseile aus 9 oder 10 drähtigen Litzen) in Anwendung; dann ist gestattet, etwa $R \gtrless 500\,\delta$ zu machen, wobei nach der Orientierungs-Tabelle, die Biegungsspannung $\sigma = 7{,}5$ kg/mm² ausfällt. Mit diesfälligem Ausschluss des weichen Eisendrahtes und des härtesten Stahldrahtes erhalten wir:

für $A =$	90	120	150 kg/mm²
$s = \frac{A}{7{,}5} =$	12	16	20 „
$\sigma =$	7,5	7,5	7,5 „
$s = \sigma =$	19,5	23,5	27,5 „
$\frac{A}{s+\sigma} =$	4,5	5,1	5,5 fache Sicherheit.

Diese Sicherheitsgrade können als zur Noth hinreichend selbst dann angesehen werden, wenn mittelst der betreffenden Aufzüge zeitweilig auch Menschen zu befördern wären (namentlich, wenn in mässigem Grade $R > 500\,\delta$ gemacht wird).

Findet aber Menschenbeförderung überhaupt **nicht** statt, dann kann man für Aufzüge oder dgl. selbst bei Anwendung „der normalen" Rundseile etwa nehmen $R \gtrless 400\,\delta$, wofür laut Orientierungs-Tabelle $\sigma = 11$ kg/mm²; man hat dann:

*) Für Aufzüge, welche der Menschenbeförderung auf Anhöhen (meist Aussichtspuncte) als öffentliche Bahnen dienlich sind und häufig irrthümlich als „Seilbahnen" bezeichnet werden, müssen die Seile mit einer grösseren Sicherheit, als die Schachtförderungs- und als die Transmissions-Seile hergestellt werden, und kommen hier nicht in Betracht. Wohl unterliegt aber die Ausmittlung dieser Seile für eine gewünschte (jedenfalls mehr als 8 fache „nominelle" und mehr als 6 fache totale) Sicherheit mittelst der gegenwärtigen Behelfe keinem Anstande. —

für $A = 90$	120	150	kg/mm²
$s = \frac{A}{7{,}5} = 12$	16	20	„
$\sigma = 11$	11	11	„
$s + \sigma = 23$	27	31	„
$\frac{A}{s+\sigma} = 4{,}0$	4,4	4,8	fache Sicherheit.

Für ausschliessliche Materialförderung sind diese Sicherheitsgrade hinreichend, würden aber selbstverständlich grösser ausfallen, wenn man auch diesfalls „biegsame" Seile anwenden würde. (Es wäre nämlich alsdann laut Orientierungs-Tabelle $\sigma = 9{,}4$ und $\frac{A}{s+\sigma}$ bezw. $= 4{,}2,\ 4{,}7,\ 5{,}1$.) Man beachte, dass bei ausschliesslicher Materialförderung hohe Sicherheitsgrade zwar nicht gefordert werden, dass man jedoch zur Erzielung einer annehmbaren **Betriebsdauer** der Seile denn doch auch diesfalls mit einer annehmbaren Sicherheit rechnen müsse.

Krahnseile.

Die Biegungsspannung beeinflusst in viel höherem Masse als die Dehnungsspannung die Dauerhaftigkeit der Drahtseile, und zwar ist es vor Allem das wiederholte Auftreten und Wiederverschwinden der Biegungsspannung, also das fortwährend abwechselnde Biegen und Geradrichten der Seildrähte, welches die Drahtseile beschädigt und ruiniert. Bei den Krahnseilen kommt dieses schädigende Moment insofern weniger, als bei den bisher betrachteten Seilarten zur Geltung, dass die Krahnseile in der Regel nicht unaufhörlich (wie die Transmissions- und Förderseile etc.) functionieren, sondern vielmehr absätzig — nur zeitweilig in Thätigkeit sind. Dabei ist ein relativ sehr kleiner Aufwicklungshalbmesser für die Krahnseile etwas unumgängliches. Es ist deshalb bei diesen Seilen einerseits gestattet, andererseits nothwendig, ihren Aufwicklungshalbmesser auf das mögliche Minimum herabzubringen und damit hiebei die Biegungsspannung nicht gar zu hoch steige, werden die Krahnseile stets als „sehr biegsame" Seile, eventuell als Kabelseile hergestellt.

Dasselbe gilt von den mächtigen Zugseilen auf **Schiffen** und **Landungsplätzen**.

Wir können hier zuvörderst aus der Orientierungs-Tabelle für **„sehr biegsame“** Seile

$$\text{a)}\quad R \geqq 300\,\delta$$

nehmen, wozu $\sigma = 12{,}5$ kg/mm² gehört; es ergibt sich

a) für $A =$	90	120	150 kg/mm²
$s = \frac{A}{7{,}5} =$	12	16	20 „
$\sigma =$	12,5	12,5	12,5 „
$s + \sigma =$	24,5	28,5	32,5 „
$\frac{A}{s+\sigma} =$	3,7	4,2	4,6 fache Sicherheit.

Wir können ferner aus der Orientierungs-Tabelle für die Krahnseile als **Kabelseile**

$$\text{b)}\quad R \geqq 233\,\delta$$

nehmen, wozu abermals $\sigma = 12{,}5$ kg gehört, so dass dieselben Sicherheitsgrade (3,7, 4,2, 4,6) wie unter a) erzielt werden.

Man wünscht jedoch bei den Krahnseilen häufig noch kleinere Aufwicklungshalbmesser. Wir wollen deshalb als **äusserste** diesfalls zu gestattende Werthe von R die Ansätze der vorletzten Zeile unserer Orientierungs-Tabelle (einschliesslich der Ergänzungs-Tabelle) in Betracht ziehen, nämlich:

für (sehr) biegsame Seile . .	$R \geqq 250\,\delta$
„ besonders „ „ . .	$R \geqq 222\,\delta$
„ Kabelseile	$R \geqq 200\,\delta$

diesen **äussersten** Annahmen entspricht gemeinschaftlich die Biegungsspannung

$$\sigma = 15 \text{ kg/mm}^2.$$

Bei Festhaltung der 7,5 fachen „nominellen“ Sicherheit ergibt sich:

für $A =$	90	120	150 kg/mm²
$s = \frac{A}{7{,}5} =$	12	16	20 „
$\sigma =$	15	15	15 „
$s + \sigma =$	27	31	35 „
$\frac{A}{s+\sigma} =$	3,3	3,9	4,3 fache Sicherheit.

In Anbetracht, dass selbst für stabile Bauconstructionen billigerweise eine mehr als dreifache Sicherheit der sog. „gefährlichen" Querschnitte (der meistgespannten Materialfasern) zu fordern ist, erscheinen die vorliegenden Sicherheitsgrade allerdings sehr karg bemessen, wenn nicht ganz ungenügend. Man könnte dieselben einigermassen erhöhen, wenn man die Krahnseile für die kleinsten Aufwicklungshalbmesser mit einer grössern als der 7,5 fachen „nominellen" Sicherheit herstellen würde.

Bei 10 facher — nomineller — Sicherheit ergäbe sich (mit $\sigma = 15$ kg wie oben):

für $A =$	90	120	150 kg/mm²
$s = \frac{A}{10} =$	9	12	15 „
$s + \sigma =$	24	27	30 „
$\frac{A}{s+\sigma} =$	3,75	4,4	5,0 fache Sicherheit.

Diese Sicherheitsgrade stimmen mit den oben unter a) und b) angegebenen (3,7, 4,2, 4,6) beiläufig überein.

Das über die Krahnseile (auch als Kabelseile) hier Mitgetheilte dürfte genügen, um über die wirklichen Sicherheitsgrade derselben orientiert zu sein und um andererseits für die Berechnung dieser Seile die nothwendigen Anhaltspuncte zu haben. Recht schlechte Anhaltspuncte bieten aber die Angaben gewisser Drahtseilfabriken, welche als gestattete Aufwicklungshalbmesser der Krahnseile auch die **Hälfte** der obigen äussersten Ansätze von $R \geqq 250\,\delta$, $222\,\delta$, $200\,\delta$, ja noch bedeutend weniger als die Hälfte — schwarz auf weiss declarieren!

Zwei Tabellen A und B
über die
fertigen Werthe
der
Biegungsspannung für neue Drahtseile aller Constructionen.

Bemerkung zu diesen Tabellen.

Aus jeder dieser Tabellen kann zu dem jeweiligen Verhältnisse $\frac{R}{\delta}$ (des Aufwicklungshalbmessers R zur Drahtdicke δ) der Werth der Biegungsspannung σ in kg pro mm² für jede Seilconstruction unmittelbar (ohne Rechnung) entnommen werden.

Die erste Tabelle A entspricht durchaus den bisherigen numerischen Annahmen und hiemit auch der „Orientierungs- und Ergänzungs-Tabelle" am Anfang dieses 8. Kapitels, bis auf eine geringfügige Verschiebung der „steifen" Flachseile zu ihren Gunsten und gleichzeitige Einschiebung der „Verschlossenen Seile".

Diese Tabelle A ist sonach mit dem Elasticitäts-Modul $E_0 = 20\,000$ kg/mm², sowie mit dem Reductions-Coëfficienten $\sqrt{0{,}36} = 0{,}60$ für jedes einzelne Flechten gerechnet, gilt demgemäss insbesondere für neue Seile aus härterem Draht, also für neue **Stahldrahtseile** im allgemeinen, kann jedoch der Sicherheit und Einfachheit der Rechnung halber auch für die weicheren Drahtsorten in Anwendung kommen (wie dies in unsern Berechnungen bisher der Fall war).

Die zweite Tabelle B ist mit dem Elasticitäts-Modul $E_0 = 18\,000$ kg/mm² und (um die Biegungsspannung nicht zu unterschätzen)

mit dem von C. Bach entlehnten Reductions-Coëfficienten $\sqrt{0{,}375} = 0{,}612$ für jedes Flechten gerechnet; sie gilt demgemäss (wenn man knapper rechnen will) für neue **Weichstahl- und Eisendrahtseile.**

Für die Seile mit Drahtseelen (welche wir bisher ignorierten, jedoch im 9. Kapitel besonders beurtheilen und verurtheilen werden), beachte man in beiden Tabellen die Bemerkung ganz am Schlusse (rechts unten).

Nach dieser Bemerkung sind in anticipierter Uebereinstimmung mit der im 9. Kapitel folgenden Darstellung die Seile mit Drahtseelen zwischen den „Draht an sich" einerseits und die Rundseile mit Hanfseelen andererseits eingereiht, und sonach bezüglich der Biegsamkeit die Rundseile mit Drahtseelen den Flachseilen mit Hanfseelen, und die Flachseile mit Drahtseelen den „verschlossenen Seilen" beiläufig gleichgehalten.

Diese Einreihung wird später auch noch durch Versuch-Ergebnisse aus der Praxis (im 11. Kapitel) motiviert werden.

Die neuartigen „Litzen-Spiralseile" sind hier den gewöhnlichen (zweimal geflochtenen) Seilen bisheriger Construction gleichgehalten, obwohl es sehr wahrscheinlich ist, dass sie (vermöge einer anderen Flechtweise) — bei dem gleichen Werthe der Biegsamkeits-Charakteristik $d^2 : i\,\delta^2$ biegsamer sind, also eine kleinere Biegungsspannung auf ihrer Seite haben, als die bisherigen zweimal geflochtenen Rundseile. Theoretisch unzugänglich lässt sich dieser vermuthete Unterschied zu Gunsten der Litzen-Spiralseile nur durch vergleichende Seildehnungs-Versuche feststellen, welche Inspector Diviš demnächst durchzuführen mir persönlich versprochen hat.

A. Werthe der **Biegungsspannung** σ (in kg/mm²) für **neue Stahldrahtseile:**

$\frac{R}{\delta}$	Draht an sich	Verschlossene Seile	Drahtspiralseile: Flachseile			Gewöhnliche Rundseile einschl. Litzen-Spiralseile: normal		biegsam	besond. biegsam	Kabelseile
Verhältn. $d^2 : i\,\delta^2 =$			2,1 — 2,6	2,6—3,2	3,2—4,0	2,2—2,5	2,5—2,8	2,8—3,2	3,2—3,6	3,6—4,6
2000	5,00	4,25	3,75	3,32	2,95	2,20	2,04	1,88	1,67	1,46
1946	5.14	4,37	3,86	3,41	3,03	2,26	2.09	1,93	1.71	1.50
1894	5,28	4.49	3,96	3,50	3.12	2.32	2,15	1.98	1.76	1.54
1845	5,42	4.61	4,07	3,60	3.20	2,38	2,21	2.03	1,81	1,58
1799	5,56	4,73	4,17	3,69	3,28	2,45	2,27	2,09	1.86	1,62
1754	5,70	4,85	4,28	3,78	3.36	2,51	2,32	2,14	1,90	1.66
1712	5.84	4,96	4,38	3.88	3.45	2,57	2,38	2.19	1.95	1,70
1672	5.98	5,08	4.49	3.97	3,53	2,63	2.44	2,24	2,00	1,75
1634	6.12	5,20	4.59	4.06	3,61	2,69	2.49	2.30	2,04	1,79
1597	6,26	5.32	4.70	4.15	3,69	2,75	2.55	2,35	2,09	1.83
1562	6,40	5,44	4,80	4,25	3,78	2,82	2,61	2,40	2,13	1,87
1524	6,56	5,58	4,92	4,35	3,87	2,89	2,67	2,46	2,19	1.91
1488	6,72	5,71	5,04	4,46	3,97	2,96	2.74	2,52	2,24	1.96
1453	6.88	5,85	5.16	4.56	4,06	3,03	2,80	2.58	2,29	2.01
1420	7,04	5,98	5,28	4,67	4,15	3,10	2,87	2,64	2,35	2,06
1389	7,20	6,12	5,40	4.78	4,25	3,17	2.94	2.70	2,40	2,10
1359	7.36	6,26	5.52	4.88	4.34	3,24	3,00	2,76	2,45	2.15
1330	7,52	6,39	5.64	4,99	4,44	3,31	3.07	2,82	2,51	2,20
1302	7,68	6,53	5.76	5,09	4.53	3,38	3.13	2.88	2,56	2.24
1276	7,84	6.66	5,88	5,20	4,63	3,45	3,20	2,94	2,61	2,29
1250	8,00	6,80	6,00	5,31	4,72	3,52	3,26	3,00	2,67	2,33
1220	8,20	6,97	6,15	5,44	4,84	3.61	3,34	3,08	2,73	2,39
1190	8.40	7,14	6,30	5.57	4,96	3,70	3.42	3,15	2,80	2.45
1163	8,60	7,31	6,45	5.71	5,07	3,78	3.50	3.23	2,87	2.51
1136	8,80	7,48	6,60	5.84	5,19	3,87	3.59	3,30	2,94	2,57
1111	9.00	7,65	6.75	5.97	5,31	3,96	3.67	3,38	3.00	2.63
1087	9,20	7,82	6,90	6,11	5,43	4,05	3,75	3,45	3,07	2,69
1064	9,40	7.99	7.05	6.24	5.55	4,14	3,83	3,53	3,14	2,74
1042	9,60	8,16	7,20	6,37	5.66	4,22	3,91	3.60	3.20	2,80
1020	9,80	8,33	7,35	6,51	5,78	4,31	3,99	3,68	3,27	2,86
1000	10,0	8,50	7,50	6,64	5,90	4,40	4,08	3,75	3,33	2,92
976	10,3	8,72	7,69	6,80	6,05	4,51	4,18	3,84	3.42	2.99
952	10,5	8,94	7,88	6,97	6,20	4,62	4,28	3,94	3.50	3,06
930	10,8	9,15	8,06	7,13	6,34	4,73	4,38	4.03	3,58	3,14
909	11,0	9,37	8,25	7,30	6,49	4,84	4,48	4,13	3.67	3,21
889	11,3	9,59	8,44	7,47	6,64	4,95	4,59	4,22	3.75	3,28
870	11,5	9,81	8.63	7,63	6,79	5,06	4,69	4,31	3.83	3,36
851	11,8	10,0	8,81	7,80	6,93	5,17	4,79	4,41	3.92	3,43
833	12,0	10,2	9,00	7,96	7,08	5.28	4,89	4,50	4.00	3,50
816	12,3	10,5	9,19	8,13	7,23	5,39	4,99	4,60	4.08	3,58
800	12,5	10,7	9,38	8,29	7,38	5,50	5,09	4,69	4,17	3,65
778	12,9	11,0	9,64	8,53	7,58	5,65	5,24	4.82	4,28	3,75
758	13,2	11,3	9,90	8,76	7,79	5,81	5,38	4,95	4.40	3,85
738	13,6	11,6	10,2	8,99	7,99	5,96	5.52	5.08	4,52	3,95
719	13,9	11,8	10,4	9,22	8,20	6,12	5,66	5.21	4.64	4,06
702	14,3	12,1	10,7	9,45	8.41	6,27	5,81	5.34	4.75	4,16
685	14,6	12,4	11,0	9,69	8,61	6.42	5,95	5.47	4,87	4,26
669	15,0	12,7	11,2	9,92	8,82	6,58	6,09	5,61	4.99	4,36
654	15,3	13,0	11,5	10.2	9.03	6.73	6.23	5.74	5.10	4.46
639	15,7	13,3	11,7	10,4	9.23	6,89	6.38	5,87	5.22	4,57
625	16,0	13,6	12,0	10,6	9,44	7,04	6,52	6,00	5,33	4,67
608	16,5	14,0	12,3	10,9	9,71	7,24	6,70	6,17	5.48	4,80
592	16.9	14,4	12,7	11,2	9.97	7,44	6,89	6,34	5,63	4,93
576	17,4	14,7	13,0	11,5	10.2	7,63	7,07	6,51	5.78	5,06
562	17,8	15,1	13,4	11,8	10.5	7,83	7,25	6.68	5,93	5,19
548	18,3	15,5	13,7	12,1	10,8	8,03	7,44	6,85	6.08	5,32

Die Ansätze rechts unten sind auch hier giltig.

Fortsetzung für neue Stahldrahtseile.

$\frac{R}{\delta}$	Draht an sich	Verschlossene Seile	Draht-Spiralseile: Flachseile			Gewöhnliche Rundseile einschl. Litzen-Spiralseile: normal		biegsam	besond. biegsam	Kabelseile
Verhältn. $d^2 : i\,\delta^2 =$			2,1 — 2,6	2,6 — 3,2	3,2 — 4,0	2,2 — 2,5	2,5 — 2,8	2,8 — 3,2	3,2 — 3,6	3,6 — 4,6
548	18,3	15,5	13,7	12,1	10,8	8,03	7,44	6,85	6,08	5,32
535	18,7	15,9	14,0	12,4	11,0	8,23	7,62	7,01	6,23	5.46
522	19.2	16,3	14,4	12,7	11,3	8,43	7,80	7,18	6,38	5.89
510	19,6	16,7	14,7	13,0	11.6	8,62	7,99	7,35	6,53	5.72
499	20,1	17,0	15,0	13,3	11,8	8,82	8,17	7,52	6,68	5.85
488	20,5	17,4	15,4	13,6	12,1	9,02	8,35	7,69	6,84	5,98
476	21.0	17,9	15.8	13,9	12,4	9,24	8,56	7,87	7,00	6,13
465	21.5	18,3	16,1	14.3	12,7	9,46	8,76	8.06	7.17	6.27
455	22.0	18,7	16,5	14,6	13.0	9.68	8,97	8.25	7,34	6.42
444	22,5	19,1	16,9	14,9	13,3	9.90	9,17	8,44	7,50	6,57
435	23,0	19,6	17,3	15,3	13,6	10,1	9,37	8,62	7,67	6.71
426	23,5	20,0	17,6	15,6	13,9	10,3	9,58	8,81	7,84	6,86
417	24,0	20,4	18,0	15,9	14,2	10.6	9.78	9,00	8,00	7.00
408	24,5	20.8	18.4	16,3	14,5	10.8	9,99	9,19	8,17	7.15
400	25,0	21,3	18,8	16,6	14,8	11,0	10,2	9,37	8,34	7,30
392	25,5	21,7	19,1	16,9	15,0	11,2	10,4	9,56	8,50	7,44
383	26,1	22,2	19,6	17,3	15,4	11.5	10,6	9.79	8,71	7.62
374	26,7	22,7	20,0	17,7	15,8	11,8	10,9	10,0	8,91	7.80
366	27,3	23,2	20,5	18.1	16,1	12,0	11,1	10,2	9,11	7,98
358	27,9	23,8	21,0	18.5	16,5	12.3	11,4	10.5	9.31	8.15
350	28,6	24,3	21,4	18,9	16,8	12,6	11,6	10,7	9,52	8.33
343	29,2	24,8	21,9	19,3	17,2	12,8	11,9	10,9	9,72	8,51
336	29,8	25,3	22,3	19,8	17,6	13.1	12.1	11,2	9.92	8.69
329	30,4	25,8	22,8	20,2	17,9	13,4	12,4	11,4	10.1	8.87
323	31,0	26,4	23,2	20,6	18,3	13,6	12,6	11,6	10,3	9.04
316	31,6	26,9	23,7	21,0	18,6	13,9	12,9	11,9	10,5	9,22
309	32,3	27,5	24,3	21,5	19,1	14,2	13,2	12,1	10,8	9.44
302	33.1	28,1	24,8	21.9	19,5	14.6	13,5	12,4	11,0	9.65
296	33,8	28.8	25.4	22.4	20,0	14.9	13,8	12,7	11,3	9.87
289	34,6	29,4	25,9	22,9	20,4	15,2	14.1	13,0	11,5	10.1
283	35.3	30,0	26,5	23,4	20,8	15.5	14,4	13,2	11,8	10.3
277	36,0	30,6	27,0	23,9	21,3	15,9	14.7	13,5	12,0	10.5
272	36.8	31,3	27.6	24,4	21,7	16,2	15,0	13,8	12,3	10.7
267	37,5	31,9	28,1	24.9	22,1	16,5	15,3	14,1	12,5	10.9
261	38.3	32,5	28,7	25,4	22,6	16.8	15,6	14.3	12,8	11.2
256	39,0	33,2	29,3	25,9	23,0	17,2	15,9	14,6	13,0	11,4
249	40,1	34.1	30.1	26,6	23.7	17,6	16,3	15,0	13.4	11.7
243	41.2	35,0	30,9	27.3	24.3	18,1	16,8	15.5	13,7	12,0
236	42.3	36,0	31.7	28,1	25,0	18.6	17.2	15,9	14,1	12.3
230	43.4	36,9	32,6	28,8	25,6	19.1	17,7	16,3	14,5	12.7
225	44,5	37,8	33,4	29,5	26.3	19,6	18,1	16.9	14.8	13.0
219	45,6	38.8	34.2	30,3	26.9	20.1	18,6	17,1	15.2	13,3
214	46,7	39,7	35.0	31.0	27.6	20,5	19,0	17.5	15,6	13,6
209	47,8	40,6	35,9	31.7	28.2	21,0	19.5	17,9	15.9	13,9
204	48.9	41,6	36.7	32.5	28.9	21,5	19.9	18,3	16.3	14,3
200	50,0	42,5	37,5	33,2	29,5	22,0	20,4	18,8	16,7	14,6
190	52.5	44,6	39,4	34,8	31.0	23,1	21,4	19.7	17,5	15,3
182	55.0	46,8	41,3	36,5	32.5	24.2	22.4	20,6	18.3	16,1
174	57,5	48,9	43,1	38.2	33,9	25,3	23.4	21,6	19.2	16,8
167	60,0	51,0	45,0	39,8	35,4	26.4	24,5	22,5	20.0	17,5
160	62,5	53.1	46.9	41.5	36.9	27,5	25,5	23.4	20,8	18,2
154	65,0	55.3	48.8	43.1	38.4	28,6	26,5	24.4	21.7	19,0
148	67,5	57,4	50.6	44,8	39.8	29.7	27.5	25.3	22,5	19,7
143	70.0	59.5	52.5	46,4	41 3	30,8	28,5	26,3	23,3	20,4
$E =$	**20000**	**16330**	**14000**	**12000**	**10230**	**7200**	**6553**	**5905**	**5113**	**4320**
$E' =$	20000	17000	15000	13270	11800	8800	8150	7500	6668	5836

$\sigma = \frac{1}{2} E' \frac{\delta}{R}$

Flachs. mit Drahtseelen | Rundseile m. Drahtseelen: in einfachen Litzen | in umflochtenen Litzen

E Elastic.-Modul des Seiles (in kg/mm²)
E' „ „ „ Drahtes im Seile.

B. Werthe der **Biegungsspannung** σ (in kg/mm²) für **neue Weichstahl-** und **Eisendrahtseile.**

$\frac{R}{\delta}$	Draht an sich	Verschlossene Seile	Drahtspiralseile: Flachseile			Gewöhnliche Rundseile einschl. Litzen-Spiralseile: normal		biegsam	besond. biegsam	Kabelseile
Verhältn. $d^2 : t\,\delta^2 =$			2,1 — 2,6	2,6 — 3,2	3,2 — 4,0	2,2 — 2,5	2,5 — 2,8	2,8 — 3 2	3,2 — 3,6	3,6 — 4.6
2000	4,50	3,84	3,42	3,05	2,74	2,06	1,92	1,78	1,59	1,40
1946	4,63	3,95	3,52	3,13	2,81	2,12	1,97	1,82	1,63	1,44
1894	4,75	4,06	3,61	3,22	2,89	2,18	2,03	1,87	1,68	1,48
1845	4,88	4,16	3,71	3,31	2,96	2,24	2,08	1,92	1,72	1,51
1799	5,00	4,27	3,80	3,39	3,04	2,30	2,13	1,97	1,76	1,55
1754	5,13	4,38	3,90	3.47	3,12	2,35	2,19	2,02	1,81	1,59
1712	5,26	4,49	4,00	3,56	3,19	2,41	2,24	2,07	1,85	1,63
1672	5,38	4,59	4,09	3,65	3,27	2,47	2,29	2,12	1,90	1,67
1634	5,51	4,70	4,19	3,73	3,35	2,53	2,35	2,17	1,94	1,71
1597	5,63	4,81	4,28	3,82	3,42	2,59	2,40	2,22	1,99	1,75
1562	5,76	4,92	4,38	3,90	3,50	2,65	2,46	2,27	2,03	1,79
1524	5,90	5,04	4,49	4,00	3,59	2,71	2,52	2,33	2,08	1,83
1488	6,05	5,16	4,60	4,10	3,68	2,78	2,58	2,39	2,13	1,88
1453	6,19	5,28	4,71	4,19	3,76	2,84	2,64	2,44	2,18	1,92
1420	6,34	5,41	4,82	4.29	3,85	2,91	2.70	2.50	2,23	1,97
1389	6,48	5,53	4,93	4,39	3,94	2,97	2,76	2.56	2,28	2,01
1359	6,62	5,65	5,03	4,49	4,03	3,04	2,82	2.61	2,33	2,06
1330	6,77	5,78	5,14	4,58	4.11	3,10	2,89	2,67	2,39	2.10
1302	6,91	5,90	5,25	4,68	4,20	3,17	2,95	2,73	2,44	2,15
1276	7,06	6,02	5,36	4,78	4,29	3,23	3,01	2.78	2,49	2,19
1250	7,20	6,14	5,47	4,88	4,38	3,30	3,07	2,84	2,54	2,24
1220	7,38	6,30	5.61	5,00	4,49	3,38	3,15	2,91	2,60	2.29
1190	7,56	6,45	5.75	5,12	4,59	3,46	3,22	2,98	2,67	2,35
1163	7.74	6,60	5,88	5.24	4,70	3,55	3,30	3,05	2,73	2,40
1136	7,92	6,76	6,02	5,36	4,81	3,63	3,38	3,12	2,79	2,46
1111	8,10	6,91	6.16	5,49	4,92	3,71	3,45	3,20	2,86	2,52
1087	8,28	7,07	6.29	5,61	5,03	3,79	3,53	3,27	2,92	2,57
1064	8,46	7,22	6,43	5,73	5,14	3,88	3,61	3,34	2,98	2,63
1042	8,64	7,37	6,57	5,85	5,25	3,96	3,68	3,41	3,05	2,68
1020	8,82	7,53	6,71	5,97	5,36	4,04	3,76	3,48	3,11	2,74
1000	9,00	7,68	6,84	6,10	5,47	4,12	3,84	3,55	3,17	2,80
976	9,23	7,87	7,01	6,25	5,61	4,23	3,93	3,64	3,25	2,86
952	9,45	8,06	7,18	6,40	5,74	4,33	4,03	3,72	3,33	2,93
930	9,68	8,26	7,35	6,55	5,88	4,43	4,12	3,82	3,41	3,00
909	9,90	8,45	7,52	6,70	6,02	4,54	4,22	3,90	3,49	3,07
889	10,1	8,64	7,70	6,86	6,15	4,64	4,32	3,99	3,57	3,14
870	10,4	8,83	7,87	7,01	6,29	4,74	4,41	4,08	3,65	3,21
851	10,6	9,02	8,04	7,16	6,43	4,85	4,51	4,17	3,73	3,28
833	10,8	9,22	8,21	7,31	6,56	4,95	4.60	4,26	3,81	3,35
816	11,0	9,41	8,38	7,47	6,70	5,05	4,70	4,35	3,89	3,42
800	11,3	9,60	8,55	7,62	6,84	5,16	4,80	4,44	3,97	3,49
778	11,6	9,87	8,79	7,83	7,03	5,30	4,93	4,56	4,08	3.59
758	11,9	10,1	9,03	8,05	7,22	5,44	5,06	4,69	4,19	3.69
738	12,2	10,4	9,27	8,26	7,41	5,59	5.19	4.81	4,30	3.79
719	12,5	10,7	9,51	8,47	7,60	5,73	5,33	4,93	4,41	3.89
702	12,8	10,9	9,75	8,69	7,79	5,88	5,48	5,06	4.52	3.98
685	13.1	11.2	9,99	8,90	7,99	6.02	5.60	5,18	4,63	4.08
669	13,5	11,5	10,2	9,11	8.18	6.17	5,74	5,31	4,74	4.18
654	13,8	11,8	10.4	9.33	8,37	6,31	5.87	5,43	4,85	4.28
639	14,1	12,0	10,7	9.54	8,56	6,45	6,01	5,56	4,97	4.37
625	14,4	12,3	10,9	9,75	8,75	6,60	6,14	5,68	5,08	4,47
608	14,8	12,6	11,3	10,0	9,00	6,78	6,31	5,84	5,22	4.60
592	15,2	13,0	11,6	10,3	9,24	6,97	6,48	6,00	5,36	4,72
576	15,6	13,3	11,9	10,6	9,49	7,16	6,66	6,16	5,50	4.85
562	16,0	13,7	12.2	10,8	9,74	7,34	6,83	6,32	5.65	4,98
548	16,4	14,0	12,5	11,1	9,98	7,53	7,00	6,48	5,79	5.10

Die Ansätze rechts unten sind auch hier giltig.

Fortsetzung für neue Weichstahl- und Eisendrahtseile.

$\frac{R}{\delta}$	Draht an sich	Verschlossene Seile	Draht-Spiralseile: Flachseile			Gewöhnliche Rundseile einschl. Litzen-Spiralseile: normal		biegsam	besond. biegsam	Kabelseile
	Verhältn. $d^2 : i\,\delta^2 =$		2,1 — 2,6	2,6 — 3,2	3,2 — 4,0	2,2 — 2,5	2,5 — 2,8	2,8 — 3,2	3,2 — 3,6	3,6 — 4,5
548	16,4	14,0	12,5	11,1	9,98	7,53	7,00	6,48	5,79	5,10
535	16,8	14.4	12,8	11.4	10,2	7,71	7.18	6,64	5,93	5,23
522	17,2	14,7	13,1	11.7	10,5	7,90	7,35	6,80	6,08	5,35
510	17,6	15,1	13,4	11,9	10,7	8,08	7,52	6,96	6,22	5,48
499	18,0	15.4	13,7	12,2	11,0	8,27	7,69	7,12	6,36	5,60
488	18,5	15,7	14,0	12,5	11,2	8,45	7,87	7,28	6,51	5,73
476	18,9	16,1	14,4	12,8	11,5	8,66	8,06	7,46	6,66	5,87
465	19,4	16,5	14.7	13,1	11,8	8,87	8,25	7,63	6,82	6,01
455	19,8	16,9	15,0	13,4	12,0	9,07	8,44	7,81	6,98	6.15
444	20,3	17,3	15.4	13,7	12,3	9,28	8,63	7,99	7,14	6,29
435	20,7	17,7	15,7	14,0	12,6	9.49	8,83	8,17	7,30	6.43
426	21,2	18,0	16,1	14,3	12,9	9,69	9,02	8.34	7,46	6,57
417	21,6	18,4	16,4	14.6	13,1	9,90	9,21	8,52	7,62	6,71
408	22.1	18,8	16,8	14,9	13,4	10,1	9,40	8,70	7,78	6,85
400	22,5	19.2	17,1	15,2	13.7	10.3	9,59	8,88	7,93	6,99
392	23,0	19,6	17,4	15,5	13,9	10,5	9,78	9,05	8,09	7,13
383	23,5	20,1	17,9	15,9	14,3	10.8	10,0	9,27	8.28	7,30
374	24,0	20,5	18,3	16,3	14,6	11,0	10,3	9,49	8,48	7,47
366	24,6	21,0	18,7	16,7	14,9	11,3	10,5	9.70	8,67	7,64
358	25,1	21,5	19,1	17,0	15,3	11,5	10.7	9,92	8.87	7,81
350	25,7	21,9	19,5	17.4	15,6	11,8	11,0	10,1	9,06	7,98
343	26,2	22,4	19,9	17,8	16,0	12,0	11,2	10,4	9,25	8,15
336	26,8	22,9	20,4	18,1	16,3	12,3	11,4	10,6	9,45	8,32
329	27,3	23,3	20,8	18,5	16,6	12,5	11.7	10,8	9,64	8,49
323	27,9	23,8	21,2	18,9	17,0	12,8	11,9	11,0	9,83	8.66
316	28,4	24,3	21,6	19,3	17,3	13,0	12,1	11,2	10,0	8,83
309	29,1	24.8	22,1	19,7	17,7	13,3	12,4	11.5	10,3	9,04
302	29,8	25,4	22.6	20,2	18,1	13,6	12,7	11,7	10,5	9,25
296	30,4	26,0	23,1	20,6	18,5	13,9	13,0	12,0	10,7	9,45
289	31,1	26.5	23,6	21,1	18,9	14,3	13,3	12,3	11,0	9,66
283	31,8	27,1	24,1	21,5	19,3	14,6	13,5	12,5	11,2	9,87
277	32,4	27,7	24,7	22,0	19,7	14,9	13,8	12,8	11,4	10.1
272	33,1	28.2	25,2	22,4	20,1	15,2	14,1	13,1	11,7	10.3
267	33,8	28,8	25,7	22,9	20,5	15,5	14,4	13,3	11,9	10,5
261	34,4	29,4	26,2	23,3	20,9	15.8	14,7	13,6	12,1	10,7
256	35,1	30,0	26,7	23,8	21,3	16,1	15,0	13,8	12,4	10,9
249	36,1	30,8	27.4	24,4	21,9	16,5	15,4	14,2	12.7	11,2
243	37,1	31,6	28,2	25,1	22,5	17,0	15,8	14,6	13,1	11,5
236	38,1	32,5	28,9	25,8	23,1	17,4	16,2	15,0	13,4	11.8
230	39,1	33,3	29,7	26,5	23,7	17,9	16,7	15,4	13,8	12.1
225	40,1	34,2	30,4	27,1	24,3	18,4	17,1	15,8	14,1	12.4
219	41,0	35.0	31,2	27,8	24,9	18,8	17.5	16,2	14,5	12,7
214	42,0	35.9	31,9	28,5	25,5	19,3	17,9	16,6	14,8	13,1
209	43,0	36,7	32,7	29,1	26,1	19,7	18,3	17,0	15,2	13,4
204	44.0	37,6	33,4	29,8	26,7	20,2	18.8	17,4	15,5	13,7
200	45,0	38,4	34,2	30,5	27,4	20,6	19,2	17,8	15,9	14,0
190	47,3	40,3	35,9	32,0	28,7	21.7	20.1	18,6	16,7	14,7
182	49,5	42,2	37,6	33,5	30,1	22,7	21,1	19,5	17,5	15.4
174	51,8	44,2	39,3	35,0	31,5	23,7	22,1	20,4	18,2	16,1
167	54,0	46,1	41,0	36,6	32,8	24,7	23,0	21,3	19,0	16,8
160	56,3	48,0	42,8	38,1	34,2	25,8	24.0	22,2	19.8	17,5
154	58,5	49,9	44,5	39,6	35,6	26,8	24,9	23,1	20,6	18,2
148	60,8	51,8	46.2	41,1	36,9	27.8	25,9	24,0	21.4	18,9
143	63,0	53,8	47,9	42,7	38,3	28,9	26,9	24,9	22,2	19,6
$E =$	**18000**	**14766**	**12770**	**11023**	**9518**	**6750**	**6165**	**5580**	**4860**	**4140**
$E' =$	18000	15360	13680	12190	10940	8248	7674	7100	6345	5590

$\sigma = {}^1/_2 E' \frac{\delta}{R}$

Flachs. mit Drahtseelen — Rundseile m. Drahtseelen: in einfachen Litzen — in umflochtenen Litzen

E Elastic.-Modul des Seiles (in kg/mm²)
E' „ „ „ Drahtes im Seile.

9. Kapitel.

Ueber die Seile mit Drahteinlagen (Drahtseelen).

Wir haben diese einzige, wenn auch bisher häufig gebrauchte Seilgattung von der bisherigen Betrachtung ausgeschlossen, um an dieser Stelle ganz besonders darüber zu erwägen und mitzutheilen.*)

Es handelt sich hier vorzugsweise um die gangbaren, aus sechsdrähtigen — je einen siebenten Draht als Einlage enthaltenden — Litzen geflochtenen Seile, und erst in zweiter Reihe um die Seile mit Drahtseelen in umflochtenen Litzen.**)

Diese Seile werden wegen ihres vorgeblich „schönen", durchaus metallischen Querschnittes von gar vielen Practikern sehr gern angewendet, noch lieber jedoch in den Drahtseilfabriken hergestellt; denn der Kerndraht, — namentlich wenn er um eine oder die andere

---

*) Nicht bloss in dem textuellen Theile, sondern auch in den Seil-Tabellen ist diese Seilconstruction unmittelbar **nicht** vorgedacht; jede Litze, namentlich auch die 6 drähtige Litze ist vielmehr überall mit einer Hanfseele gemeint, und die Drahtzahl 7 in der Litze ist durchweg als 7 Umfangsdrähte, um eine etwas dickere Hanfseele gelegt, aufzufassen. Um die Daten für die Seile aus 6 drähtigen Litzen mit je einem siebenten Drahte als Einlage zu erhalten, sind in den Seil-Tabellen die Seile aus 6 drähtigen Litzen in Betracht zu ziehen, und die dortigen Gewichtsangaben (q') um rund ein Achtel (12 bis 14%) zu vergrössern.

**) Logischerweise reihen sich an diese Seile die „flachlitzigen" Seile von Felten und Guilleaume, da sie ebenfalls eine (diesfalls flachgedrückte) Drahteinlage in jeder Litze besitzen. Ueber diese Seile folgt indes am Schlusse dieses kritischen Kapitels noch eine besondere Bemerkung.

Drahtnummer stärker als die Umfangsdrähte genommen wird,*) füllt den inneren Raum der Litze ohne besonderes Bemühen des Fabrikmeisters ganz vollkommen aus, gibt demgemäss ein sehr gestaltiges Seil, welches obendrein bedeutend schwerer ausfällt und folglich auch von dem Besteller bedeutend theuerer bezahlt wird, als wenn es Hanfseelen in den Litzen besitzen würde.

Nichtsdestoweniger ist es allgemein üblich, die Drahtseelen in den Litzen für die Tragfähigkeit des Seiles **nicht** in Rechnung zu bringen, sondern nur als raumausfüllende Elemente zu betrachten. Dies hat allerdings und behält auch weiterhin für die Anwendung stets seine Richtigkeit.

Man hört aber dennoch mitunter die Meinungsäusserung, dass die Drahteinlagen, obwohl sie zu den „tragenden" Drähten **nicht** gezählt werden, denn doch auch mittragen, bezw. zu tragen helfen und somit die eigentlich tragenden Drähte theilweise entlasten. Dies erfordert einige Beleuchtung.

Beiläufig und vorläufig gesagt — kann man füglich behaupten: Ja, die Drahteinlagen **tragen** in der That, ja sie tragen nur **zu viel, — so lange sie nicht reissen** oder überhaupt im **festen Zustande** verharren.

Zur gewünschten Beleuchtung denken wir eine um einen Kerndraht geflochtene Litze, — z. B. eine sechsdrähtige Litze mit einem siebenten Draht als Einlage — durch eine Gesammtbelastung p beansprucht; die bewirkte gemeinschaftliche Verlängerung der Längeneinheit (relative Verlängerung) sei Δl. Der Gesammtquerschnitt der Litze einfach $= 1$ angenommen und die fragliche Belastung der Drahteinlage vor der Hand $= x\,p$ gesetzt, entfällt auf die Umfangsdrähte die Belastung $(1 - x)\,p$.

Bezeichnet α_0 den (Bach'schen) Dehnungs-Coëfficienten des (eingelegten) Drahtes und α' den Dehnungs-Coëfficienten der Litze ohne die Einlage, so ist die relative Verlängerung durch die Einheit

*) Dies ist auch ganz richtig; denn bei der Drahtdicke δ beträgt der äussere Durchmesser einer sechsdrähtigen Litze (nach „Hilfs-Tabelle zur Bestimmung der Litzen- und Seildicke", 5. Kap.) 3,10 δ oder 3,15 δ, je nachdem der Flechtwinkel etwa 17° oder 21° beträgt; nach Abzug von 2 δ bleibt für den inneren Raum ein Durchmesser von 1,10 δ oder 1,15 δ, und so gross sollte die Dicke des Kerndrahtes sein, wenn ein festes Anliegen der Drähte an einander ohne jeden Zwang erzielt werden wollte. Für $\delta = 2$ mm sollte somit der Kerndraht je nach der Grösse des Flechtwinkels 2,2 oder 2,3 mm stark sein (bei einem Winkel bedeutend unter 17° genügt allerdings 2,1 mm).

der Belastung: an der Einlage (bei der Belastung $x\,p$) $\frac{\Delta l}{x\,p} = \alpha_0$; an den Umfangsdrähten (bei der Belastung $(1-x)\,p$) ist $\frac{\Delta l}{(1-x)\,p} = \alpha'$.

Hieraus folgt (da Δl für beide Theile gemeinschaftlich, d. i. gleichgross ist) $\Delta l = \alpha_0\, x\, p = \alpha'\,(1-x)\,p$ somit $\alpha_0\, x = \alpha'\,(1-x)$, woraus die fragliche Verhältnisszahl folgt

$$x = \frac{\alpha'}{\alpha_0 + \alpha'} = \frac{1}{\frac{\alpha_0}{\alpha'} + 1}$$

Wenn nun E_0 der Elasticitäts-Modul des Seildrahtes und (nach vorangegangener Theorie) $E' = 0{,}6\,E_0$ der Elasticitäts-Modul der Litze (ohne den Kerndraht, d. h. mit blosser Hanfeinlage) ist, so hat man

$$\alpha_0 = \frac{1}{E_0} \text{ und } \alpha' = \frac{1}{0{,}6\,E_0}$$

somit für jeden Werth von E_0, d. h. für einen beliebigen Seildraht $\frac{\alpha_0}{\alpha'} = 0{,}6$ und die Verhältnisszahl

$$x = \frac{1}{0{,}6 + 1} = 0{,}625$$

Die Drahtseelen in den Litzen tragen somit von der Gesammtbelastung des Seiles nichts weniger als **62½ Procent, so lange sie nicht reissen,** oder überhaupt im **festen Zustande** verharren.

Bevor wir auf das Wie? und Wann? dieses sonderbaren Tragvermögens etwas näher eingehen, wollen wir hier noch eine interessante Ermittlung vornehmen, nämlich die theoretische Ermittlung des Elasticitäts-Moduls zunächst einer einzelnen (sechsdrähtigen) Litze mit Drahteinlage, dann auch eines ganzen aus solchen Litzen bestehenden Seiles, — beides unter der selbstverständlichen Voraussetzung, dass hiebei die Elasticitätsgrenze nicht überschritten wird.

Wir haben oben für die relative Verlängerung Δl, welche eine Litze gemeinschaftlich mit ihrer Drahteinlage durch die Belastung p der Querschnittseinheit erfährt, den Doppelausdruck erhalten:

$$\Delta l = \alpha_0\, x\, p = \alpha'\,(1-x)\,p.$$

Indem wir diese Verlängerung durch p dividieren, erhalten wir die relative Verlängerung durch die Belastungseinheit auf die Querschnittseinheit, d. i. den (Bach'schen) Dehnungs-Coëfficienten der Litze sammt Drahteinlage:

$$\frac{\Delta l}{p} = \alpha_0 x = \alpha' (1 - x);$$

hier ist, wie oben $\alpha_0 = \frac{1}{E_0}$ und $\alpha' = \frac{1}{0{,}6\, E_0}$; somit der fragliche Dehnungs-Coëfficient der „steifen" Litze einerseits

$$\frac{\Delta l}{p} = \frac{1}{E_0} x$$

andererseits

$$\frac{\Delta l}{p} = \frac{1}{0{,}6\, E_0} (1 - x).$$

Beide Ausdrücke geben mit obigem Werthe $x = 0{,}625$ den fraglichen Dehnungs-Coëfficienten

$$\alpha_x = \frac{\Delta l}{p} = \frac{0{,}625}{E_0}.$$

Hieraus folgt der Elasticitäts-Modul E_x der „steifen" Litze, als reciproker Werth des Dehnungs-Coëfficienten:

$$E_x = \frac{1}{\alpha_x} = \frac{E_0}{0{,}625} = 1{,}6\, E_0.$$

Der Elasticitäts-Modul der „steifen" Litze wäre somit um 60% **grösser** als der Elasticitäts-Modul E_0 des Drahtes an sich, und der Dehnungs-Coëfficient dieser steifen Litze wäre

$$\alpha_x = 0{,}625\, \alpha_0$$

d. h. die „steife" Litze wäre um 37,5% **weniger** dehnsam, als der Draht, aus dem sie besteht, an sich! — Hiedurch ist die Bezeichnung „steife" Litze hinreichend motiviert.

Bevor wir über dieses sonderbare Rechnungs-Resultat unser Erstaunen aussprechen, bestimmen wir noch den Elasticitäts-Modul E_y eines aus solchen steifen Litzen hergestellten Seiles.

Nach der vorangegangenen Theorie ist (analog $E' = 0{,}6\ E_0$) einfach

$$E_y = 0{,}6\ E_x = 0{,}6 \cdot 1{,}6\ E_0 = 0{,}96\ E_0$$

das heisst: der Elasticitäts-Modul der aus „steifen" Litzen (mit Drahtseelen) hergestellten **Seile** wäre **annähernd gleich dem Elasticitäts-Modul des Drahtes,** aus welchem diese Seile (sammt den Drahtseelen) bestehen!*) — Aber (man merke wohl) nur unter der Bedingung, dass bei der betreffenden Belastung auch die Drahtseelen noch **innerhalb der Elasticitätsgrenze** beansprucht werden!

Ich war von diesem Rechnungs-Resultate trotz der ziemlich engen Begrenzung seiner Giltigkeit höchst überrascht und befürchtete, einen Rechnungsfehler begangen zu haben. Da kam mir — nach einigen Wochen a dato — die Abhandlung des k. k. Maschinen-Inspectors Julius Diviš „Ueber Seildraht und Drahtseile" (Oesterr. Zeitschr. für Berg- und Hüttenwesen, November-Hefte 1900) in die Hand, aus welcher ich nunmehr das Folgende entnehme.

Inspector Diviš hat in der Přibramer k. k. Drahtseilfabrik an Drahtseilen verschiedener Construction zahlreiche Dehnungsversuche ausgeführt. „Die Seile wurden hiebei derart belastet, dass sie mit zwei Drittel bis mit der vollen Betriebsspannung durch directe Belastung beansprucht wurden."

Die Versuchsresultate hat Diviš in einer kleinen Tabelle zusammengestellt, worin „die angesetzten Zahlen als **Mittelwerthe zahlreicher Versuche** zu verstehen sind."

Der Inhalt der ersten, uns hier ausschliesslich interessierenden Zeile dieser Tabelle lautet:

Ein Seil aus 36 Eisendrähten No. 10 (6 Litzen à 6 Drähte nebst je einer Drahtseele) erlitt durch die Betriebs-Belastung (192 kg im Ganzen, 6,8 kg pro mm²) eine Gesammtverlängerung von 0,30% und eine bleibende Verlängerung von 0,26%, somit betrug die Elasticitätsdehnung 0,04% (Procent der Versuchs-Seillänge); hieraus bestimmt sich der Elasticitäts-Modul des Versuchsseiles

*) Mit dem Bach'schen Werthe des Reductions-Coëfficienten $\sqrt{0{,}375} = 0{,}612$ anstatt des obigen $\sqrt{0{,}36} = 0{,}6$ (für einmaliges Flechten) ergibt sich fast ganz genau $E_y = E_0$.

$$E_y = \frac{6{,}8 \,.\, 100}{0{,}04} = 17000 \text{ kg/mm}^2;$$

dies ist nun nahezu genau die gewöhnlich (auch von Diviš selbst) angenommene Grösse des Elasticitäts-Moduls des Versuchs-Seildrahtes (Flusseisendraht). Hiemit erscheint das obige auffallende Resultat meiner theoretischen Berechnung E_y nahe $= E_0$ durch directen, **„wiederholten"** Versuch mit vollkommener Uebereinstimmung nachgewiesen.

Aus der nunmehrigen Thatsache, dass der Elasticitäts-Modul der aus 6 drähtigen, je einen 7. Draht als Einlage enthaltenden, Litzen hergestellten Seile sehr annähernd gleich ist dem Elasticitäts-Modul des betreffenden Seildrahtes, könnte man den Schluss ziehen, dass die Biegungs-Spannung dieser „steifen" Seile schlechtweg nach Reuleaux's Formel $\sigma = 0{,}5\, E_0 \frac{\delta}{R}$ zu beurtheilen wäre, welcher Schluss der weiteren Anwendung dieser Seile ohneweiters den Todesstoss versetzen müsste! Dieser Schluss wäre aber denn doch etwas voreilig. Die erwiesene Gleichheit der Elasticitäts-Module E_y und E_0 bezieht sich lediglich auf die axiale Dehnung einerseits der hier behandelten „steifen" Seile, andererseits ihres Drahtes, als solchen. Die Seildrähte bilden aber hier in den Litzen ein „mixtum compositum" aus linearen und aus schraubenförmigen Elementen (im Seile aus einfach und doppelt schraubenförmigen Elementen), und es lässt sich aus dem Elasticitäts-Modul solch eines Gemisches von zweierlei Elementen auf die Biegungsspannung dieser Elemente durchaus nicht der rechnungsmässige Schluss ziehen, wie wir dies bei den übrigen, wirklich rationellen Seilconstructionen (mit Hanfseelen) correct zu thun in der Lage waren.*)

Immerhin kann man aber annehmen, dass diese „steifen" Rundseile (mit Drahteinlagen in den sechsdrähtigen Litzen) in Bezug auf die Biegungsspannung dem Drahte als solchem vielleicht näher sein

*) Dem Obigen ist das Folgende entgegenzuhalten. Nach Inspector Diviš's Versuchen ergibt sich, wie im 7. Kapitel dargelegt wurde, der Elasticitäts-Modul eines aus 36 Drähten No. 10 bestehenden Flusseisendraht-Seiles mit **Hanfseelen** in den Litzen ganz correct $= 6182$ kg/mm², d. i. $0{,}36\, E_0$, während sich hier nach eben denselben Versuchen für ein ganz genau gleiches Seil, jedoch mit **Drahtseelen** in den Litzen, der Elasticitäts-Modul $= 17000$ kg/mm² nahe $= E_0$ berechnet. Dieses letztere, auffallende Resultat ist, obwohl es dem hier nachgewiesenen (jedoch in seiner Giltigkeit eng begrenzten) theoretischen Ergebnisse genau entspricht, für die Anwendung

könnten, als den „normalen" zweimal geflochtenen Seilen (mit Hanfeinlagen in den Litzen).

In den am Schlusse des 8. Kapitels angebrachten zwei Tabellen über die fertigen Werthe der Biegungsspannung ist den besprochenen Seilen mit Drahtseelen (durch die Bemerkung am Fusse jeder Tabelle rechts) anticipando eine Stelle anberaumt, wonach diesen Seilen beiläufig die mittleren Werthe der Biegungsspannung zwischen den normalmässigen, zweimal geflochtenen Seilen mit Hanfeinlagen einerseits und zwischen dem Drahte an sich andererseits zukommen; sie sind nämlich in dieser Beziehung den Flachseilen mit Hanfseelen gleich gehalten. Es wird sich später in dem Kapitel über die „Drahtseile beim Betriebe" zeigen, dass ihnen diese Stelle auch von dem stricte practischen Standpuncte aus wirklich gebührt.

Selbstverständlich wird die Drahtseele in einer **umflochtenen,** z. B. aus 6 + 12 = 18 Drähten bestehenden Litze die Biegungsspannung dieser Litze und des ganzen Seiles viel und vielweniger alterieren, als die Drahtseele in einer 6 drähtigen (oder auch 4 drähtigen) Litze, denn wenn zu 18 biegsamen Elementen ein 19. unbiegsames (oder doch schwer biegsames) hinzukommt, so ist es bei weitem nicht so schlimm, als wenn zu je 6 biegsamen Elementen ein 7. unbiegsames hinzutritt. Man kann daher in umflochtenen Litzen die Drahteinlagen als **minder schädlich** betrachten. Diesem Umstande ist in den genannten Tabellen der fertigen Werthe der Biegungsspannung (am Schlusse des 8. Kapitels) ebenfalls Rechnung getragen.

Auch auf die oben berührte Frage **„wie und wann"** die Drahteinlagen in sechsdrähtigen Litzen ihre $62^1/_2\,\%$ der Gesammtbelastung tragen, antworten — allerdings nur partiell — die von Inspector Diviš durchgeführten Versuche, diesfalls an einzelnen Litzen vorge-

---

denn doch nicht ganz ernst zu nehmen; denn es involviert eine gewisse Verschiebung, sagen wir „einen Verzug" der Elasticitätsgrenze — infolge der äussersten Zärtlichkeit, mit welcher Inspector Diviš bei seinen Versuchen die Drahtseile behandelt. In der Anwendung wird den Seilen eine solche Zärtlichkeit bei weitem nicht zutheil, und es wird sich sonach der Elasticitäts-Modul der neuen Seile mit Drahtseelen in der Anwendung denn doch um einiges kleiner als 17000 kg/mm², d. i. kleiner als der Elasticitäts-Modul des Drahtes ergeben.

nommene Reiss-Versuche. Die Antwort ist eine höchst eigenthümliche und in physikalischer Beziehung sehr interessante; nach der practischen Richtung muss jedoch dieselbe mit **grösster Vorsicht** aufgenommen werden; sie lautet: bei **ruhiger und ruhig zunehmender** Belastung hält und trägt die Drahteinlage in der Litze, ohne zu reissen, bis zum Eintritt der vollen (auf den Gesammtquerschnitt der Litze sammt Einlage entfallenden) Bruchbelastung, wobei sie schliesslich zugleich mit den Umfangsdrähten der Litze reisst!

Das ist nun allerdings eine höchst wunderbare Erscheinung, welche von Inspector Diviš dahin beleuchtet wird, „dass eine belastete Litze nicht etwa als ein blosses zusammenhangloses Bündel einzelner nebeneinander liegender Drähte aufzufassen ist; durch die äussere Belastung werden die einzelnen Drähte desto mehr aneinander gepresst, je grösser die äussere auf die Litze einwirkende Zugkraft ist; durch diesen gegenseitigen Druck und die hiedurch wachgerufene gegenseitige Reibung werden die einzelnen Drähte in einen derartig innigen Zusammenhang gebracht, dass sie sozusagen ein compactes Ganzes bilden, in welchem es den einzelnen Elementen überhaupt gar nicht möglich ist, sich verschieden auszudehnen(?) und worin die Beanspruchung eines Elementes sich sofort auch den sämmtlichen angrenzenden Nachbar-Elementen in gleichem Maasse mittheilt."(?)

Ich möchte diese in ihrem Schlusse mir nicht genügende und nicht zusagende, weil leicht irreführende Erklärung — zugleich zur Beleuchtung des durch die Versuche von Diviš herbeigeführten, ganz eigentümlichen physikalischen Zustandes der Drahteinlage — folgends ergänzen und praecisieren.

Durch den am ganzen Umfange und der ganzen Länge nach seitens der Umfangsdrähte auf die Drahteinlage ausgeübten Druck wird die letztere derart „festgehalten", dass sie, trotzdem sie ganz ansehnlich **über** die Bruchbelastung beansprucht und ausgedehnt ist, dessen ungeachtet nicht reissen kann, obwohl sie ohne dieses „Festhalten" schon längst gerissen wäre. Die Drahteinlage befindet sich hiebei in einem besonderen physikalischen Zustande, welcher von dem festen Aggregatzustande (des Drahtes als solchen) verschieden ist und als **Zustand der Contraction** bezeichnet werden kann: die Contraction, welche bei einem selbständigen, dem Reissen unterworfenen Drahte auf einen geringen Theil seiner Länge sich erstreckt, ist bei einer derart „festgehaltenen" Drahteinlage auf ihre ganze Länge vertheilt und ausgedehnt. Ich vermute, dass die Drahteinlage

in diesem Zustande nicht bloss weich und warm, sondern (nach der betreffenden Erscheinung bei Festigkeits-Versuchen zu schliessen) auch magnetisch sein dürfte.

Andererseits erinnert dieser Zustand des eingelegten „übermässig ausgedehnten" Drahtes an den Zustand des „überhitzten" Wassers, bei welchem ein „Siedeverzug" obwaltet, während wir es hier mit einem „Bruchverzug" zu thun haben.

Diese physikalisch gewiss sehr interessante Erscheinung hat gleichwohl für die practische Anwendung wenig Bedeutung, es wäre denn, dass wir in gleicher Weise, wie überhitztes Wasser leicht explodieren kann, auch eine explosionsartige Erscheinung bei den übermässig angespannten Drahtseelen befürchten könnten und sollten. Diese Erscheinung würde sich dadurch äussern, dass die übermässig angespannten Drahtseelen bei einem geringfügigen Anlasse (bei einem Stosse oder dgl.) plötzlich alle gleichzeitig reissen und möglicher Weise (bei einem ausgiebigeren Anlasse) auch den Riss der übrigen Drähte, somit des ganzen Seiles verursachen könnten!*)

Zum mindesten muss ernstlich davor gewarnt werden, die Sache so aufzufassen, als ob in einer mit Draht ausgefüllten Litze **alle** Elemente irgend gleichförmig und natürlich beansprucht wären, oder gar als gleichmässig tragend in Rechnung genommen werden könnten; es ist vielmehr in solch einer Litze der ganze Zustand ihrer Bestandtheile ein durchaus erzwungener und unnatürlicher, und dieser Zustand wird gerade so wie jener des überhitzten Wassers nur durch diejenige Ruhe aufrecht erhalten, welche bei Diviš's Versuchen den geprüften Litzen gewährt wurde, welche jedoch in der Anwendung kaum jemals zutrifft!

Hiemit glauben wir die Schädlichkeit der Drahtseelen nach verschiedener Richtung hinreichend beleuchtet zu haben.

Und wenn auch all diese Vorstellung (für eine etwa leichtfertige Auffassung) eitel sein sollte, so darf man doch das oberste Princip einer jeden Construction — jenes der möglichst gleichen Beanspruchung ihrer Bestandtheile — auch bei dem Seile, ja vorzugsweise

*) Ich zweifle nicht, dass es einem Experimentator, wie Inspector Diviš gelingen könnte, solch eine explosionsartige Erscheinung durch eine geeignete Behandlung des Versuchseiles (bezw. der Versuchs-Litze) auch wirklich herbeizuführen. Allerdings müssten hiebei — um auch den Seilriss experimentell zu veranstalten — Massenwirkungen (lebendige Kräfte bewegter Massen) bei plötzlichen Geschwindigkeitsänderungen ins Spiel kommen, wie solche z. B. bei der Schachtförderung mehrfach auftreten und von Prof. A. Káš

bei dem Seile um keinen Preis ausser Acht lassen! Man hat ferner zu bedenken, dass die Drahteinlagen in sechsdrähtigen Litzen principiell, wenn auch nicht die Identität, so doch eine Analogie besitzen mit einer Litze als Centraleinlage in einem sechslitzigen Seile; in beiden Fällen entfällt auf sechs mässig gespannte Elemente ein siebentes übermässig gespanntes; die zweitgenannte Seilconstruction wird als gefährlich — grundsätzlich und allgemein gemieden, die erstgenannte Litzenconstruction zu empfehlen, wäre somit absurd. —

Thatsächlich werden die Seile durch die Drahteinlagen in den 6 drähtigen (theilweise auch in anderen) Litzen (namentlich als Förderseile für tiefe Schächte) wesentlich **erschwert** und **vertheuert;** sie sind in hohem Grade **schwer biegsam** und erfordern vergleichsweise bedeutend **grössere** Scheibendurchmesser oder erleiden eine bedeutend **grössere** Biegungsspannung; sie sind vergleichsweise auch viel weniger verlässlich und **weniger betriebsdauerhaft**.

Man kann kurz und ehrlich sagen: Die Seile mit Drahtseelen sind gegen die Seile mit Hanfseelen für die Consumenten **durchaus im Nachtheil** und besitzen nur den einzigen Vortheil, dass sie den Cassen der Drahtseilfabriken für bequemere Arbeit reichlichere Entlohnung zuführen!*)

Es wäre übrigens ganz recht und billig, dass die Seilereien für Drahtseile mit Hanfseelen einen angemessenen Preisaufschlag (gegenüber solchen mit Drahtseelen) für die Gewichtseinheit verlangen und dieselben — auch **nicht** aufgefordert — den Abnehmern liefern. Wenn sich sodann falsch ökonomische Consumenten finden, welche die „wohlfeileren"(?) Seile mit Drahtseelen ausdrücklich bestellen, so mag immerhin der bekannte Spruch gelten: Mundus vult decipi, ergo decipiatur!

Es ist mir durchaus nicht angenehm gewesen, der Begründung der Wahrheit zu Liebe die Drahteinlagen in den Seilen so ausführlich besprechen zu müssen!

Nicht minder unangenehm sind mir in gewisser Hinsicht die noch schuldigen Bemerkungen über die **„Flachlitzigen Seile"** von Felten und Guilleaume, welche in den Seiltabellen am Schlusse des 6. Kapitels auf dem vorletzten Blatte unter V in drei Varietäten

---

unlängst in noch zu erwähnender Weise systematisch einer theoretischen Untersuchung unterzogen wurden.

*) Wenn eine oder die andere Drahtseilfabrik Seile für ihren eigenen Gebrauch current herzustellen hätte, man könnte wetten, dass sie dieselben mit Hanfseelen, und durchaus nicht mit Drahtseelen versehen würde!

(nach C. Bach) behandelt sind, aber auch noch in anderen Modificationen hergestellt werden.

Diese Seile gehören zu den kunstvollsten Ausführungen im Bereiche der Seilfabrikation, derart, dass dieselben eine andere Werkstätte, als das Carlswerk von Felten und Guilleaume, nicht so leicht zu Stande bringen würde, auch wenn sie nicht patentiert wären. Ich möchte deshalb schon aus dieser Rücksicht am liebsten durchaus nur das Günstigste hierüber sagen, aber es geht dies füglich nur zum Theile an.

Das „flachlitzige" Seil besteht in jeder Modification der bisherigen Ausführung aus fünf Litzen, welche dadurch „flach" ausfallen, dass jede Litze eine flache, einem plattgedrückten starken Drahte ähnliche Einlage besitzt, um welche die eigentlichen, tragenden (runden) Drähte entweder in einer Lage, oder aber in zwei Lagen geflochten sind. Jede solche einfache oder aber umflochtene flache Litze ist senkrecht zu der Mittelebene der Einlage beiläufig so biegsam, wie eine gewöhnliche, einfache oder aber umflochtene Litze (mit Runddraht-Einlage); in der genannten Ebene ist aber die flache Litze beinahe gar nicht, oder doch nur ausserordentlich schwer biegsam. In den umflochtenen flachen Litzen sind die Runddrähte der inneren Lage dünner, als die Drähte der äusseren Lage, ähnlich wie bei den Compound-Litzen der gewöhnlichen Seile oder auch der Litzen-Spiralseile; diese letzteren (äusseren) Drähte sind vermöge ihrer grösseren Dicke gegen die Reibung gut widerstandsfähig.

Fünf gleiche flache Litzen werden nach dem Principe des Albertschlages zu einem (flachlitzigen) Seile derart zusammengeflochten, dass die einen flachen Seiten der Litzen nach aussen (die andern nach innen) zu liegen kommen, und dass sich die Litzen mit ihren schmalen Seiten berühren, so dass ein relativ bedeutend grosser, fünfseitiger Kernraum für eine ausgiebige Central-Hanfseele entsteht.

Vermöge der flachen nach aussen liegenden Seiten der Litzen und vermöge des Albert-Geflechtes bieten die äusseren (dickeren) Drähte sehr breite regelmässige Drahtflächen gegen die Abnützung durch die Reibung in ähnlicher Weise, wie diess bei den Draht-Spiralseilen in noch grösserem (bezw. grösstem) Masse der Fall ist (wenn man von den im 10. Kapitel behandelten „verschlossenen" Seilen absieht).

Hingegen erscheinen die „flachlitzigen" Seile für den Widerstand gegen Zugkräfte und gegen Biegung viel weniger und

zwar gewiss nicht mehr geeignet, als die in diesem Kapitel behandelten gewöhnlichen Seile mit Drahteinlagen; denn sie enthalten eben auch dem Drahte ähnliche, die Biegsamkeit eigentlich noch mehr beeinträchtigende Einlagen. Selbstverständlich werden auch diesfalls die eisernen Einlagen in den umflochtenen Litzen viel weniger schädlich sein, als in den einfachen Litzen.

Dem Gesagten gemäss werden die flachlitzigen Seile, und zwar nur die aus umflochtenen Litzen bestehenden, in solchen Fällen gute Erfolge nachweisen, wo sie verhältnissmässig wenig auf Zug (und Biegung), in hohem Masse jedoch auf Reibung beansprucht sind, z. B. bei mässig ansteigenden Aufzügen und Bremsbergen.*)

Als Schachtförderungs- und Transmissionsseile werden sich jedoch die „flachlitzigen" Seile — wohl mit Sicherheit voraussichtlich — weniger gut eignen, als andere rationelle Seilconstructionen mit Hanfseelen, selbstverständlich vorausgesetzt, dass die Seilconstructionen beider Arten aus dem gleichen Material bestehen und mit gleicher Vollkommenheit hergestellt sind!

Die flachlitzigen Seile aus einfachen (nicht umflochtenen) Litzen sind als höchst unconstructiv, steif und schwer, jedenfalls zu meiden; bei den wunderbar schönen und kunstvollen dergl. Seilen aus umflochtenen Litzen ist aber nach des Verfassers Meinung wohl zu befürchten, dass sie entweder den Consumenten viel zu theuer zu stehen kommen, oder aber der Firma Felten und Guilleaume einen verhältnissmässig viel zu geringen Fabrications-Profit eintragen! Dass aber die flachlitzigen Seile theoretisch unzugänglich sind, scheint durchaus kein günstiges Zeugniss dafür abzugeben, dass diese höchst künstlichen Seilconstructionen auch überhaupt rationell wären.

*) In einem solchen (mir bekannten) concreten Falle läuft ein „flachlitziges" Seil von Felten und Guilleaume (aus umflochtenen 28 drähtigen Litzen, zusammen aus 140 Drähten, 3. Modification unserer Seiltabelle) bereits das vierte Jahr und ist noch nahe ganz intact. Vordem waren daselbst gewöhnliche Seile (ebenfalls aus umflochtenen Litzen) in Thätigkeit und erwiesen sich nach zweijährigem Betriebe als weiterhin unbrauchbar. Es wäre jedoch ganz falsch, diesen grossen Unterschied der Betriebsdauer nur in dem Unterschiede der Seilconstruction zu suchen. Die Hauptsache ist, dass die erwähnten gewöhnlichen Seile aus einem minderen Material hergestellt waren, während Felten und Guilleaume ihre patentierten flachlitzigen Seile aus dem exquisitesten Stahldrahte und in exquisit vollkommenster Weise herstellen!

10. Kapitel.

Die Draht-Spiralseile als Führungsseile und Bahnseile; Seile für stabile Bauconstructionen. Verschlossene Seile.

Die Draht-Spiralseile, gewöhnlich Spiralseile schlechtweg genannt, wurden bereits als Förderseile (S. 137) theilweise in Betracht gezogen, indem an ihre Verwendung zu diesem Zwecke (wegen ihrer schönen Rundung und mässigen Dicke) zum mindesten dann gedacht werden könnte, wenn der diesfalls erforderliche sehr grosse Aufwicklungshalbmesser aus anderweitigen Rücksichten unvermeidlich erscheint, wie dies bei der Förderung mittelst konischer Trommeln aus sehr tiefen Schächten der Fall ist. Sehr viel wird jedoch bei dieser (etwaigen) Anwendung der „Spiralseile" nicht gewonnen.

Der eigentliche Zweck und Sinn dieser Seile ist ein anderer: sie sind von Haus aus — eben wegen ihrer „schönen Rundung", aber auch wegen ihrer geringen Dehnsamkeit — gute Führungsseile; indem sie als solche insbesondere der gleitenden Reibung zu widerstehen haben, werden sie vorwiegend aus sehr dicken Drähten, 5 mm und darüber, hergestellt. In dieser Weise wendet man die Draht-Spiralseile auch als „Bahnseile" (Laufseile der Drahtseilbahnen) an, wozu sie sich auch nach jeder Richtung besonders eignen; nur nach einer Richtung muss hier ein Bedenken ausgesprochen werden.

Man nimmt nämlich die „Bahnseile" als vornehmlich und fast einzig auf Reibung beansprucht an und stellt dieselben deshalb aus möglichst **starken** Drähten her. Man vergisst hiebei, dass es lediglich nur **rollende**, keineswegs aber gleitende Reibung ist, welche die Bahnseile erleiden; die Seilbahnen sind durchaus keine Adhäsionsbahnen, sondern lediglich nur führende und vornehmlich tragende

Bahnen, gleichgiltig, ob wir es hier mit Aufzugs- oder aber mit Bremsbahnen zu thun haben. Die Bahnseile sind daher vor allem auf Druck, auf einseitige Quetschung, eben vermöge der rollenden Reibung beansprucht; die flachgedrückte Gestaltung eines gebrauchten Bahnseiles gibt hievon ein sprechendes Zeugniss.

Eine weitere, und zwar eminente, wenn auch wenig berücksichtigte Beanspruchung erleiden jedoch die Bahnseile **auf Biegung;** indem die gewöhnlich sehr kleinen Wagenräder über das Bahnseil rollen, wird dieses letztere in einer ähnlichen Weise beansprucht, wie ein Treibseil oder ein Förderseil, wenn es eine Seilscheibe passiert. Glücklicherweise findet dieses Rollen stets auf der einen und zwar auf der oberen Seite des Bahnseiles statt und ist die durch die Einsenkung des letztern bewirkte Ablenkung hiemit auch der Bogen der Seilbiegung ziemlich klein; allein das ungemein kleine Rad — als Scheibenhalbmesser einerseits und die „unzähligemal" sich wiederholende Abbiegung und abermalige Geradstreckung des Bahnseiles andererseits bewirken das, was alle Seile in erster Reihe ruiniert.

Es erscheint daher fraglich, ob die allgemein übliche sehr grosse Drahtdicke bei den Bahnseilen wirklich am Platze ist, und ob die Drahtdicke nicht in etwas engere Grenzen einzuschliessen wäre.*)

---

*) Hier könnte einer von zwei Wegen zum Ziele führen, welche wir durch ein Beispiel beleuchten wollen. Ein aus $6+12+18=36$ Drähten No. 50 (d. i. $\delta=5$ mm) geflochtenes Spiralseil könnte **erstens** ersetzt werden durch ein Spiralseil aus $6+12+18+24=60$ Drähten No. 38 (d. i. $\delta=3{,}8$ mm), eventuell durch ein solches aus $6+12+18+24+30=90$ Drähten No. 32 (d. i. $\delta=3{,}2$ mm); alle diese drei Spiralseile hätten (bei gleichem Drahtquerschnitt) die gleiche Dicke $d=35{,}5$ mm, die Drahtzahl 90 dürfte jedoch für ein Draht-Spiralseil schon unpractisch erscheinen; **zweitens** könnte man daran denken, das obige übliche Bahnseil als Draht-Spiralseil — zu ersetzen durch ein „normales" Litzen-Spiralseil aus $6+12=18$ Litzen à 6 Drähte No. 30 (d. i. $\delta=3$ mm); welches (bei dem gleichen Drahtquerschnitt mit obigen Draht-Spiralseilen) eine Dicke $d=47$ mm besitzen würde. Dieses Litzen-Spiralseil wäre immerhin auch „schön rund" und hätte im Vergleiche mit den üblichen Draht-Spiralseilen den wesentlichen Vortheil, dass eine von seinen 12 Umfangslitzen gewiss nie im Ganzen reissen würde und dass es somit eine viel längere Betriebsdauer erfahren könnte, als ein Draht-Spiralseil, bei welchem der Riss eines einzigen Umfangsdrahtes schon einen Unfall verursacht, welcher bei dem Litzen-Spiralseile erst bei dem Risse einer ganzen Litze verursacht werden würde! Die Sache scheint mir der Erwägung und gewiss auch eines Versuches werth!

Andererseits könnte die Beanspruchung der Bahnseile auf Biegung dadurch bedeutend herabgemindert werden, dass man die auf den Seilbahnen rollenden Wagenräder möglichst gross herstellen würde; die häufig vorkommenden Raddurchmesser von 20 bis 25 cm könnten wohl ohne besondere Schwierigkeit auf den doppelten Betrag vergrössert und hiemit die Biegungsspannung auf den halben Betrag verkleinert werden.

Verschlossene Seile.

Die Draht-Spiralseile leiden an einem längst bekannten und oben bereits erwähnten Nachtheile, welcher darin besteht, dass in der oberen, der Abnützung einzig und allein ausgesetzten Drahtschicht ein etwa gerissener Draht durch nichts festgehalten wird und sich deshalb seiner ganzen Länge nach von dem Seile ablösen kann. Dieser Nachtheil kann nur dadurch behoben werden, dass die Drähte der obersten Drahtschicht ein anderes als das gewöhnliche und natürliche Drahtprofil, und zwar ein solches Profil erhalten, welches ein Ineinandergreifen oder doch einseitiges Uebergreifen der Profile je zweier benachbarter Drähte bewirkt.

Diesem Zwecke entsprechen zunächst die „patentverschlossenen" Seile der rühmlichst bekannten Firma „Felten und Guilleaume Carlswerk" zu Mülheim am Rhein: um einen aus runden Drähten hergestellten Kern (1 + 6 drähtig oder 1 + 6 + 12 drähtig) wird nach dem Principe des Kreuzschlages eine oder noch eine zweite Lage Drähte von (nahe) trapezförmigem Querschnitt geflochten; darüber kommt die oberste Schicht aus eigenthümlich nach der Z form profilierten Drähten, welche einander einseitig übergreifen und den „Verschluss" des Seiles bilden. In den Seiltabellen des 6. Kapitels und zwar ganz zuletzt unter VI ist solch ein kunstvolles „patentverschlossenes" Seil im Querschnitte schematisch dargestellt, und zwar einmal (a_1) als dünndrähtiges Seil, vorgeblich zu Förderungszwecken, jedenfalls aber zu Tragzwecken bestimmt, das anderemal (a_2) als starkdrähtiges Seil, zu Führungszwecken geeignet.

Eine zweite Art „verschlossener" Seile war auf der Weltausstellung Paris 1900 von der Firma Teste, Moret et Comp. in Lyon unter dem Namen „Cables mixtes" ausgestellt. Diese (um kurz zu sprechen) „französischen" verschlossenen Seile unterscheiden sich von den „deutschen" patentverschlossenen principiell nur in der obersten eigentlich „verschliessenden" Drahtschicht; diese wird nämlich bei

der französischen Seilconstruction aus abwechselnden Runddrähten und aus Drähten von einem solchen Profil gebildet, welches den Spielraum zwischen zwei etwas von einander gerückten Kreisprofilen möglichst genau ausfüllt. Diese Profildrähte — an ein I erinnernd und als „fils enclavés" bezeichnet — übergreifen sonach die benachbarten Runddrähte beiderseits (im Gegensatze zu dem einseitigen Uebergriff der patentverschlossenen Seile). Aeusserlich haben diese „französischen" verschlossenen Seile ganz dasselbe Aussehen eines vollkommen glatten Cylinders, wie die „deutschen" patentverschlossenen Seile.

In der betreffenden Fig. b_1 der Tafel VI (im 6. Kapitel) ist solch ein „cable mixte" im Querschnitte schematisch dargestellt; Fig. b_2 zeigt eine Modification desselben.

Mit Rücksicht auf die symmetrische und constructiv einfachere Form der „fils enclavés" im Vergleiche mit der ganz unregelmässigen — wenn auch genial erdachten, gleichwohl aber nur mit dem grössten Raffinement der Fabrikation zu beherrschenden Profilform der patentverschlossenen Seile, ist den letzteren eine starke Concurrenz erwachsen, welche noch dadurch gesteigert wird, dass bei den cables mixtes bloss die Hälfte der verschliessenden Drähte besonders façonniert, die andere Hälfte aber gewöhnlich geformt ist, während bei den (deutschen) patentverschlossenen Seilen die sämmtlichen verschliessenden Drähte die gewisse absonderliche Form besitzen.

Abgesehen von diesen und vielleicht noch andern Modalitäten, welche vornehmlich die Fabrikation betreffen, können wir die verschlossenen Seile der einen und der andern Art als gleichwerthig betrachten. Dass hiebei (bei den beiden Seilarten) die kantigen Drähte der äusseren Lagen stärker angespannt (weil weniger dehnsam) sind als die runden Drähte der Seilkerne, muss als unvermeidlich — wenn auch unangenehm — mit in den Kauf genommen werden. Es ist dies um so unangenehmer, da die kantigen Drähte bei dem gleichen Material überhaupt weniger tragfähig sind und namentlich auf Biegung weniger aushalten, als die beim Drahtziehen auf das Maximum der Zähigkeit gebrachten (in einem verschlossenen Seile weniger angespannten) Runddrähte. —

Die verschlossenen Seile sind bei alledem vermöge ihrer rein cylindrischen Form und glatten Oberfläche als Führungsseile für gleitende Reibung **allen andern Seilen** vorzuziehen, — selbstverständlich nur zur Geradführung, also insbesondere zur Führung der Fördergestelle in verticalen Schächten bei Aufzügen und dgl.

Eine zweite ganz besondere Eigenschaft der verschlossenen Seile ist ihre minimale Dehnsamkeit, welche jedoch unvermeidlich verbunden ist mit dem Minimum an Biegsamkeit. Der Elasticitäts-Modul, welcher zur numerischen Bestimmung des Dehnsamkeits- und Biegsamkeitsgrades dienlich wäre, lässt sich bei diesen Seilen theoretisch nicht ermitteln und kann nur durch Versuche festgestellt werden. Es ist jedoch kein Zweifel, dass derselbe von dem Elasticitäts-Modul des Drahtes an sich nur wenig und ganz sicher weniger verschieden sein wird, als der Elasticitäts-Modul irgend einer andern Seilgattung, einschl. der Draht-Spiralseile. —

Hieraus dürfte wohl unfehlbar der Schluss zu ziehen sein, dass die verschlossenen Seile mit Vortheil **nicht** dort anzuwenden sind, wo die Beanspruchung **auf Biegung** irgend in Betracht kommt.*)

Hingegen sind überall dort, wo minimale Dehnsamkeit vor Allem gefordert wird, eine Beanspruchung auf Biegung (richtiger: abwechselnde Biegung und Geradrichtung) jedoch nicht vorkommt, die verschlossenen Seile vor allen andern am Platze. Dies ist der Fall bei allen stabilen Bauconstructionen, also z. B. bei den Draht-Hängebrücken; die verschlossenen Seile liefern die besten, d. h. mindest dehnsamen Brückentaue; aber man muss sich selbstverständlich hüten, die verschlossenen Seile hiebei etwa mit zweimal geflochtenen Seilen zu combinieren, welche mehr als die doppelte Dehnsamkeit besitzen!

Was schliesslich die Laufseile der Drahtseilbahnen (Bahnseile) betrifft, so gehören dieselben durchaus nicht zu den stabilen Bauconstructionen in unserem Sinne. Diese Seile sind, wie bereits betont wurde, eminent auf Biegung beansprucht; da aber die verschlossenen Seile das Minimum an Biegsamkeit besitzen, so eignen

---

*) In den am Schlusse des 8. Kapitels mitgetheilten zwei Haupt-Tabellen über den Betrag der Biegungsspannung wurde den „verschlossenen" Seilen eine Stelle mitten zwischen dem „Drahte an sich" und den „Rundseilen mit Drahtseelen" anberaumt; hiebei sei bemerkt, dass die Angaben der betreffenden zwei Spalten nicht rechnungsmässig (theoretisch) festgestellt werden konnten, sondern nur als wahrscheinlich (schätzungsweise) hingestellt wurden.

Nach diesen wohl als plausibel zu bezeichnenden Angaben wären für die verschlossenen Seile als Treibseile oder als Förderseile Aufwicklungshalbmesser (der Scheiben und Trommeln) von beiläufig oder vielmehr **mindestens** doppelter Grösse — im Vergleiche mit jenen für normale Rundseile — erforderlich, wenn die Biegungsspannung innerhalb der gestatteten Grenzen gehalten werden wollte.

sie sich für Bahnseile nicht, und wenn hierfür doch angewendet, so werden sie — falls unsere Schlussfolgerung nicht trügt — wenig betriebsdauerhaft sein. —

Für die rechnungsmässige Behandlung der verschlossenen Seile ergibt sich zunächst aus den Fabriks-Angaben über die patentverschlossenen (deutschen) Seile die Beziehung:

$$d = 1{,}33 \sqrt{q'} \text{ cm bei den starkdrähtigen}$$
$$d = 1{,}35 \sqrt{q'} \text{ „ „ „ minder starkdrähtigen.}$$

Im Mittel kann $d = 1{,}34 \sqrt{q'}$ cm auch für die französische Construction der verschlossenen Seile angenommen werden.*)

Hieraus folgt $\frac{d^2 \pi}{4} = 1{,}41\, q'$; $q = 1{,}28\, q'$; $q' = 0{,}78\, q$; und das Flächenverhältniss $d^2 \frac{\pi}{4} : q = 1{,}1$ d. h. der Seilquerschnitt ist um 10% grösser als der summarische Drahtquerschnitt q.

Somit ist $q = 0{,}91\, d^2 \frac{\pi}{4}$, d. h. der summarische Drahtquerschnitt ist um 9% kleiner als der Seilquerschnitt. Die leeren Zwischenräume nehmen 9% des Seilquerschnittes ein.

Wie viel die Flächeneinheit des Drahtquerschnittes zu tragen im Stande ist, kann nur durch directe Seil-Reissversuche festgestellt werden.

Von unstreitigem Interesse sind die **patentverschlossenen Seile,** mit welchen von der Firma Felten und Guilleaume die Reconstruction der Kaiser **Franz Josef-Brücke** in Prag zu Stande gebracht wurde.

Dieselbe war ursprünglich eine Hängebrücke mit **geradlinig** (anstatt kettenlinig) gespannten Ketten. Auf jeder Geländer-Seite der Brücke war erstlich eine Hauptkette, welche lediglich das Brückenmittel, d. i. die Mitte des Geländers (zwischen den beiden Brückenthürmen und Brückenpfeilern) als genieteten Blechträgers zu tragen und somit einen mittleren Brückenpfeiler zu ersetzen hatte. Je zwei Nebenketten hatten ausserdem den Blechträger an je zwei Zwischenpuncten tragend zu unterstützen. Somit waren zwischen den beiden Brückenthürmen im Ganzen fünf Unterstützungs- bezw. Haltepuncte, zwischen denen der Blechträger (in Form des Geländers)

---

*) Zu vergleichen mit der Relation $d = 1{,}29 \sqrt{q'}$ (genauer $d = 1{,}285 \sqrt{q'}$) für Rundeisen, welches allerdings etwas minder dicht ist, als der Draht.

als solcher fungierte. Die Brücken-Construction war (bezüglich der Unterstützungen) von Haus aus nicht hinreichend sicher, d. h. die Ketten waren nicht hinreichend stark, sodass schon die ursprüngliche Belastungsprobe (in den siebziger Jahren circa) nicht mit der üblichen Maximalbelastung vor sich ging, und endlich im Jahre 1898 eine Reconstruction vorgenommen werden musste, welche einfach darin bestand, dass die aus Eisenstangen bestehend gewesenen Ketten durch Seile von grösserer Tragfähigkeit ersetzt wurden; diese Seile sind aber ganz rationellerweise die patentierten verschlossenen Seile von Felten und Guilleaume, aus vorzüglichstem Gussstahldraht.

„Diese Drahtseile sind bisher auf dem ganzen Erdkreise einzig in ihrer Art, und die genannte Brücke bildet ein in seiner Eigenart bisher einzig dastehendes Bauwerk."

Die ehemaligen je zwei Nebenketten wurden — jede durch ein verschlossenes Seil von 92 mm Dicke ersetzt, in welchem um einen Kerndraht zunächst zwei Lagen Runddrähte (6 + 12) dann zwei Lagen trapezförmige und schliesslich drei Lagen profilierte Drähte herum geflochten sind; die Dicke einer Lage beträgt reichlich sechs Millimeter.

Jede der ehemaligen (im Ganzen zwei) Hauptketten hätte inbetreff der Tragkraft durch zwei nebeneinander angeordnete Seile derselben Art (patentverschlossene Seile) mit höchstens 90 mm Dicke ersetzt werden können; man wählte jedoch (aus mir unbekanntem Grunde) eine andere Construction des Hauptseiles. Man flocht dasselbe nämlich aus sechs verschlossenen Seilen um ein siebentes gleiches Seil als Kern, sodass das ganze Seil einem sechslitzigen Seile mit einer siebenten Litze als Einlage oder aber einer grossartig colossalen sechsdrähtigen Litze mit einem siebenten Drahte als Seele ähnlich und analog ist.

Jedes dieser sieben Seile ist 42 mm dick und besteht aus einem Kern von $1 + 6 = 7$ Runddrähten, um welchen zwei Lagen trapezförmiger und eine (äussere) Lage profilierter Drähte herum geflochten sind; diese Lagen (bezw. die Drähte) sind durchschnittlich 4,6 mm dick, und die Dicke des ganzen Hauptseiles beträgt **126** mm.

Die Gesammtbruchfestigkeit dieses colossalen Seiles wird mit 1,100 000 kg (1,1 Millionen kg) angegeben, was einer Bruchfestigkeit des Seildrahtes A nahe $= 120$ kg/mm^2 entspricht. Nimmt man an, dass bei dieser stabilen Bauconstruction das Hauptseil auf 10 fache Sicherheit gegen den Bruch gerechnet ist, so wäre die thätige Zugkraft in dem ganzen siebenseiligen Taue 110 000 kg. Von dieser Gesammtzugkraft entfallen auf das Kernseil (ganz ähnlich, wie bei

der siebendrähtigen Litze auf den Kerndraht, nach der theoretischen Darstellung im 9. Kapitel) abgerundet 60% d. i. 66 000 kg; der Drahtquerschnitt des Kernseiles von 42 mm Dicke beträgt kaum 1345 mm², somit die Dehnungsspannung $s = 49$ kg/mm²; gegen $A = 120$ gäbe dies knapp 2,5 fache (genauer 2,45 fache) Sicherheit. Dabei tragen jedoch die sechs Umfangsseile die darauf entfallenden 40% der Belastung mit 22 facher(!) Sicherheit.*)

Diese höchst bedenkliche Ungleichförmigkeit der Beanspruchung wäre eben nicht eingetreten, wenn man anstatt des siebenseiligen Taues zwei **ordentliche patentverschlossene Seile** (von je 90 mm Dicke) neben einander zur Anwendung gebracht hätte; die Franz Josef-Brücke hätte sodann ein nachahmungswerthes Muster von Seilbrücken-Constructionen dargeboten.

Dass das Kernseil (der Kernstrang) des Hauptseiles bei seiner ausserordentlich geringen rechnungsmässigen Sicherheit (2,5 fach gegen den Bruch) doch hält und (hoffentlich) noch länger halten wird, ist darin begründet, dass dieser übermässig angestrengte Kern, indem er sich über das gebührende Mass ausdehnt, durch die beiden Nebenseile (einfache patentverschlossene Seile von je 92 mm Dicke) theilweise entlastet wird; diese beiden Nebenseile zugleich mit dem Kernstrang des Hauptseiles, — also die sämmtlichen geradgespannten Elemente der gesammten tragenden Construction — tragen bis jetzt beinahe die ganze Brückenlast, als ob die sechs äusseren Stränge des Hauptseiles (beinahe) gar nicht vorhanden wären. Da sie aber vorhanden sind, tragen sie (bei ihrer Unfähigkeit, gehörig angespannt zu werden, indem sie schraubenförmig anstatt geradlinig verlaufen) nur ein Minimum der ganzen Brückenlast. Das heisst: diese sechs äusseren Stränge functionieren höchst unbedeutend, während sie vermöge ihrer Bestimmung und correcterweise den **Hauptantheil** der Brückenlast tragen sollten! Dies ist beiläufig der Sachverhalt in populärer Darstellung.

*) Die äusseren Dimensionen der Brückenseile habe ich eigenhändig, nicht sehr genau, aber für meinen Zweck der Berechnung genau genug gemessen. Die obige Annahme der 10 fachen Sicherheit ist eben nur eine Annahme, welche jedoch für die obigen (nicht ämtlichen) Calculationen jedenfalls genügt und dem Zwecke entspricht.

11. Kapitel.

Die Drahtseile beim Betriebe.

Einleitung.

Mit dem vorangehenden 9. Kapitel und mit einem Theile des 10. Kapitels hatte ich die vorliegende Arbeit im Wesentlichen bereits abgeschlossen gehabt, als ich (namentlich nach Erscheinen der Diviš'schen Abhandlung „Einiges über Seildraht und Drahtseile" Ende 1900) im Januar 1901 auf einen Gedanken verfiel, welchen ich ohne weiteres von vorneher selbst als einen glücklichen bezeichnen kann.

Es war der Gedanke: Wie wäre es, wenn man die Drahtseile, zunächst und insbesondere als Förderseile **bei ihrem wirklichen Betriebe** auf ihre Dehnsamkeit untersuchen würde? Namentlich für die Förderseile wäre hierzu kein besonderer Versuchsapparat erforderlich, denn einen solchen Apparat bietet in der allervortheilhaftesten Weise jeder vorhandene wirkliche Förderungs-Apparat an sich! Man braucht nur unten im Schachte vom Füllorte aus die Dehnung zu messen, welche das Seil durch irgend eine Mehrbelastung erfährt oder aber die Seilkürzung in Folge der Entlastung, oder aber (am besten) beides. Dehnung und Kürzung äusseren sich aber durch das Sinken und Steigen der Förderschale,*) — beides

*) Als sich die Přibramer Schächte der Tiefe von 1000 m näherten, habe ich mit Anderen bei der Seilfahrt wiederholt wahrgenommen, dass sich die Förderschale beim Aussteigen jedes einzelnen Mannes beinahe um einen ganzen Zoll (2,5 cm) hob, also das Förderseil um ebensoviel kürzte; ähnliches bemerkten wir selbstverständlich auch beim Besteigen der Schale. Auch die Erinnerung an diese Wahrnehmung mag den oben bezeichneten Gedanken wach zu rufen mitgeholfen haben. — Der Gedanke liegt übrigens ziemlich nahe, wenn er nur einmal da ist!

kann an der Schalenführung von einer Marke aus unmittelbar gemessen werden, eventuell, wenn ein Schiefstellen der Schale nicht ausgeschlossen ist, zu beiden Seiten der Förderschale.

Ursprünglich hatte ich die Absicht, die Durchführung der Dehnungs-Versuche mit der Betriebs-Belastung (bei der Erz- oder Kohlenförderung) mittelst leerer und beladener Förderwagen zu veranlassen, und veranlasste thatsächlich zunächst zwei Probe-Versuche in Přibram durch die Güte des Maschinen-Inspectors, Herrn Julius Diviš und des Maschinen-Ingenieurs Herrn Vratislav Janácek.

In der betreffenden Vorbesprechung meinte ich, dass das Aufschieben und Herausschieben der Wagen (auf und aus der Schale) bei freihängendem, gespanntem Förderseile durchgeführt werden sollte. Es zeigte sich jedoch, dass dies wegen der grossen Federwirkung des Seiles nicht angeht, und dass vielmehr sowohl für das Aufschieben, wie für das Ausschieben der Wagen die Förderschale aufgesetzt werden müsse, — dass somit behufs Ausmittlung der Seil-Verlängerung und Seil-Verkürzung die gleichzeitige Messung (von fixen Marken aus) sowohl unten am Füllorte, als auch oben im Schachthause vorgenommen werden müsse.

Dieser Umstand erforderte erstlich zwei Beobachter und verursachte zweimalige Beobachtungsfehler; die Hauptschwierigkeit bestand jedoch (bei der Nothwendigkeit einer wenigstens viermaligen Messung bei jedem einzelnen Versuche und hiemit auch eines mindestens viermaligen Aufsetzens der Schale) in der Nothwendigkeit einer möglichst genauen Correspondenz behufs der Gleichzeitigkeit der Ablesung der Markenabstände oben und unten.*)

Trotzdem wurden die beabsichtigten zwei Probe-Versuche wirklich durchgeführt. Aber, wie kaum anders zu erwarten war, ist einer dieser Versuche (durch Nichtübereinstimmung der beiderseitigen Aufschreibungen) ganz verunglückt, der andere Versuch ergab aber ein sichtlich unbrauchbares Resultat!

---

*) Diese Umständlichkeiten und Schwierigkeiten wären endlich zu bewältigen gewesen, wenn es sich um einen oder den anderen Versuch bei einem einzelnen Werke, z. B. in Přibram durch zwei geduldige und verlässliche Experimentatoren (wie sie thatsächlich in Diviš und Janácek da waren) gehandelt hätte. Mir war es jedoch um die Durchführung solcher Versuche mit verschiedenen Seilen bei verschiedenen Werken zu thun und zu diesem Zwecke war ein möglichst einfacher Vorgang bei der Durchführung dieser Versuche eine unbedingte Nothwendigkeit! Dieser einfache Vorgang musste endlich denn doch erfunden werden, und er wurde auch erfunden, wie ich demnächst angeben werde.

Immerhin führte mich das Versuchs-Ergebniss durch den unerwartet grossen Betrag, welcher sich hienach für den Elasticitäts-Modul ergab, zu einer Erkenntniss und sodann zu einem neuen Gedanken für die Versuchs-Methode.

Ich erkannte nämlich, dass das im Betriebe stehende Förderseil — weniger durch die anhaltende Spannung, als viel mehr durch die in zahlloser Wiederholung zu erleidende Biegung und Wiedergeradrichtung, nicht minder aber auch durch die verschiedenen Stosswirkungen (beim jedesmaligen Anhube etc.) derart hergenommen und (im Vergleiche mit einem neuen Seile) verändert werde, dass es von seiner ursprünglichen Dehnsamkeit einen sehr grossen Theil ganz einbüsst, d. h. dass es sich **bleibend** ausdehnt und beinahe ausschliesslich nur eine gewisse mässige Elasticitäts-Dehnsamkeit beibehält, woraus eben ein grosser Betrag des Elasticitäts-Moduls sich ergibt. Eine beachtenswerthe bleibende Dehnung ist bei einem Seile nach längerem Betriebe während eines Versuches nicht mehr zu gewärtigen. Wenn aber dem (auch nur annähernd) so ist, dann ist es auch gar nicht nothwendig, bei den durchzuführenden Dehnungs-Versuchen mit der Seilbelastung bis zu der grössten Betriebslast zu gehen; es genügt vielmehr das Seil auch bedeutend weniger zu belasten und überhaupt sich so zu benehmen, wie man sich bei Belastungen innerhalb der Elasticitätsgrenze stets benehmen kann, indem man die hervorgebrachten Dehnungen den hervorbringenden Belastungen als einfach proportional annimmt.

Hiemit verfiel ich für die vorzunehmenden Seildehnungs-Versuche auf den weiteren Gedanken, die Seilbelastung anstatt durch Erz- oder Kohlenwagen vielmehr durch die Mannschaft bewerkstelligen zu lassen, welche auf der Förderschale Platz findet. Es ist dies eben auch eine Betriebsbelastung und zwar eine solche für den Betrieb der Mannschafts-Seilfahrt; gerade für **diesen** Betrieb ist eine gewisse Sicherheit des Förderseiles dringend geboten und behördlich vorgeschrieben.*)

Diese „lebendige" Belastung (anstatt der „todten" Material-Belastung) bot mir für die vorzunehmenden Seildehnungs-Versuche den grossen Vortheil, dass sie auf den betreffenden Horizont im Schachte herabgelassen, nach geschehener vollständiger Abbremsung der Seiltrommel, die Schale (eventuell in zwei Partien) innerhalb entsprechender Zeitintervalle verlassen und wieder besteigen konnte,

*) Sollte es wenigstens sein, und ist in diesem Sinne auch gemeint. Dies ist hier die eigentlich giltige Betriebslast!

ohne dass der Zustand des Förderseiles — bis auf die zu beobachtenden Verlängerungen und Verkürzungen desselben — auch nur im mindesten geändert würde. Namentlich war in dieser Weise das Aufsetzen der Schale gänzlich zu vermeiden, indem jeder ganze Versuch bei fortwährend freihängender Schale, d. h. bei gespanntem Seile durchgeführt werden konnte.

Der Hauptvortheil der nunmehrig ausgedachten Versuchs-Methode bestand aber darin, dass hienach die Seildehnungs-Versuche von dazu bereitwilligen Fachgenossen, bezw. Werks-Vorständen, bei den verschiedensten Werksanlagen auch ausserhalb Přibrams durchgeführt, bezw. veranlasst werden konnten.

Ich entwarf zu diesem Zwecke die folgende

Anleitung zur Vornahme der Dehnungs-Versuche an Förderseilen beim Betriebe.

Schacht . . . . . am . . . . Februar 1901.
Rundseil oder Flachseil . . . . . .
Oberseil oder Unterseil . . . . . .
Seildraht, Bruchfestigkeit A = ...
Seilconstruction: . . . . . .
Aus wie viel Litzen? . . . . . .
Litze aus wie viel (tragenden) Drähten? . . . . . .
Drahtdicke (No.) . . . . Seildicke . . . .
In den Litzen Hanf- oder Drahtseelen? . . . . . .
Litzen und Seil stark oder schwach gedreht? . . . . . .
Woher bezogen? . . . . . .
Wie lange im Betriebe? . . . . . .
Ganze Seillänge von der Schale am Füllorte über die Seilscheibe bis zur Seiltrommel (nur auf Meter genau) . . . .

Versuch.

Im Schachthause die Mannschaft in zwei Hälften abgewogen:

Hälfte a) Gewicht . . . . . kg
„ b) „ . . . . . „
. . . . Mann zusammen . . . . . kg.

Mannschaft angefahren, knapp am Füllorte halt!

Bei freihängender, besetzter Schale die Seiltrommel fest eingebremst; unten an der Schachtführung (eventuell beiderseits) Marke angerissen.

Mannsch. Hälfte a) stieg aus, Seil kürzte sich um . . . . mm
„ „ *b)* „ „ „ „ „ „ . . . . „
„ „ *b)* „ *ein,* „ *dehnte* „ „ . . . . „
„ „ *a)* „ „ „ „ „ „ . . . . „

Fertig. (Eventuell zu wiederholen.)

Note. *Vor jeder Messung ist (mindestens 10 Minuten) abzuwarten, bis sich Schale und Seil vollkommen beruhigt.*

Diese Anleitung versandte ich mit dem betreffenden Ansuchen an zahlreiche, hervorragende Werke und fand allenthalben ein nicht genug hochzuschätzendes Entgegenkommen vis à vis meinem in der That sehr anspruchsvollen Verlangen. Man brachte da ansehnliche Opfer der Zeit und der Mühewaltung meinem wissenschaftlichen Zwecke, ich kann nun sagen: „mit vorzüglichem Erfolge"!

Die sämmtlichen abgeführten Versuche sind — bis auf einige äusserst wenige — welche sichtlich misslangen (z. B. wegen zu grosser Entfernung der Seiltrommel vom Schachte oder dgl.) — in der nachfolgenden Tabellen-Gruppe mit allen diesfalls erforderlichen Daten*) chronologisch übersichtlich zusammengestellt.

Ich bemerke, dass ich ursprünglich den Elasticitäts-Modul der Seile in zwei Intervallen (für die halbe und für die ganze Mannschafts-Belastung) rechnete, dass sich dieses jedoch bald als unnütz und unpractisch erwies, weshalb in den Tabellen der Elasticitäts-Modul bei jedem einzelnen Versuche nur einfach (nicht doppelt) ermittelt und angegeben ist.

Die Tabellen umfassen drei Gruppen von Versuchen, worin behandelt sind:

---

*) Nur die Provenienz der Förderseile, welche mir von allen betreffenden Werken zu meinem Wissen ebenfalls mitgetheilt wurde, habe ich hier nicht angegeben, weil es wohl nicht allgemein bekannt sein muss, woher die einzelnen Werke ihre Seile beziehen. Es sind darunter übrigens auch Seile aus Deutschland und selbstverständlich mehrfach aus englischem Stahldraht.

Fortsetzung des Textes auf Seite 182.

Post-No.	Schacht, Name und Ort	Versuchs-Anordner oder Leiter	Seil-bezeich-nung	Draht-Festigk. A kg pro mm²	Be-triebs-dauer Mon.	Seil-Construction	Draht-zahl i und Dicke δ (mm)	Draht-Quer-schnitt $q = i\,\delta^2\,\frac{\pi}{4}$	Belastung: n Mann Q kg	Belastung: pr. mm² $s = \frac{Q}{q}$	Seil-länge L m	Gemess. Seil-dehng. λ (mm)	Elast.-Modul des Seiles $E = s\,\frac{L}{\lambda}$ kg pr. mm²	Hanf- oder Draht-seelen	Anmer-kung
1	K. k. **Julius IV.** Brüx	k.k. Ob.-Bergr. H. Preuss	westl.	125	16	5 (3+9) = 60 / 6	$i = 60$ $\delta = 2{,}5$	295	8 M. 590	2,00	220	28	15700	Draht	Compd. Seil
2	„	„	östl.	125	8	„	„	295	590	2,00	220	31,5	13970	„	„
3	**Eleonora** Dombrau	Bergdirector Er. Mládek	Obers.	180	6	6 (6+12) = 108 Dr. No. 23	$i = 108$ $\delta = 2{,}3$	449	16 M. 1175	2,62	498	94	13880	„	Albert-schlag
4	(Witk. Kohl.-Gr.)	„	Unters.	180	17	„	„	449	1175	2,62	498	100	13050	„	„
5	„ kleine Masch.	„	Obers.	180	5	6 (6+12) = 108 Dr. No. 11	$i = 108$ $\delta = 1{,}1$	103	6 M. 455	4,413	482	148	14370	„	„
6	„	„	Unters.	180	13	„	„	103	455	4,413	482	152	14000	„	„
7	**Johann II** Libuschin	Bergdirector K. Schiedek	a.	150	$1\frac{1}{2}$	6 (6+12) = 108 Dr. No. 18	$i = 108$ $\delta = 1{,}8$	275	8 M. 585	2,13	540	72	15975	„	
8	„	„	b.	150	15	„	„	275	585	2,13	540	72	15975	„	
9	**Max** Pr. E. I. G. Libuschin	Ob.-Ingen. J. Němeček	Westl. (Obers.)	150	10	7 (6+12) = 126 Dr. No. 22	$i = 126$ $\delta = 2{,}2$	479	8 M. 560	1,17	511	42	14730	Hanf	
10	„	„	Oestl. (Unters.)	150	15	„	„	479	560	1,17	511	40	14935	„	
11	„	„	Oestl. (neu)	150	2	„	„	479	8 M. 550	1,15	511	41	14310	„	
12	„ kleine Masch.	„	Nördl. (Obers.)	150	$15\frac{1}{2}$	6 (3+9) = 72 Dr. No. 22	$i = 72$ $\delta = 2{,}2$	274	8 M. 580	2,12	511	78	13890	.	
13	„	„	Südl. (Unters.)	150	4	„	„	274	580	2,12	511	75	14444	.	
14	**Salm II** Poln. Ostrau	Bergdirector Joh. Poppe	Obers.	170	21	6 (6+12) = 108 Dr. No. 18	$i = 108$ $\delta = 1{,}8$	275	8 M. 606	2,204	420	53,7	17240	Draht	
15	„	„	Unters.	160	1	„	„	275	606	2,204	420	61,7	15000	„	

Rundseile beim Kohlenbergbau (Fortsetzung).

Post-No.	Schacht, Name und Ort	Versuchs-Anordner oder Leiter	Seil-bezeichnung	Draht-Festigk. A kg pro mm²	Betriebs-dauer Mon.	Seil-Construction	Drahtzahl i und Dicke δ (mm)	Draht-Querschnitt $q = i\,\delta^2\frac{\pi}{4}$	Belastung: n Mann Q kg	Belastung: pr. mm² $s = \frac{Q}{q}$	Seillänge L m	Gemess. Seildehng. λ (mm)	Elast.-Modul des Seiles $E = s\frac{L}{\lambda}$ kg pr. mm²	Hanf- oder Drahtseelen	Anmerkung
16	**Alexander,** K. F. Nordb. P. Ostrau	Betriebs-Leiter Fr. Pospíšil	a.	150	½	7 (6+12) = 126 Dr. No. 22	i=126 δ=2,2	479	8 M. 540	1,127	337	25	15190	Draht	
17	„	„	b.	150	½	„	„	479	540	1,127	337	23,5	16160	„	
18	**Josef,** K. Ferd. Nordb. P. Ostrau	Betriebs-Leiter W. Cervinka, Ober-Ing.	Unters.	120	8	6 (3+9) = 72 Dr. No. 24	i = 72 δ=2,4	326	8 M. 555	1,703	347	42,5	13900	.	
19	„	„	Obers.	120	8	„	„	326	8 M. 591	1,813	347	43	14630	.	
20	**Johann,** „	„	Unters.	120	12	„	„	326	8 M. 574	1,761	294	39	13270	.	
21	„ „	„	Obers.	120	3½	„	„	326	574	1,761	294	38,5	13450	.	
22	**Michael.** Gf. Wilcz. P. Ostrau	Betriebs-Leiter K. Děkanovsky	Unters.	180	13	7 (6+12) = 126 Dr. No. 19	i=126 δ=1,9	357	8 M. 540	1,513	400	42	14345	Draht	Albertschlag
23	**Alexander I.** Brüx-Ossegg	B.-Inspector A. Woschahlik	Obers.	125 b. 140	39	6 (4+10) = 84 Dr. No. 25	i = 84 δ=2,5	412	8 M. 603	1,464	395	35	16520	„	„
24	„	„	Unters.	„	16	„	„	412	603	1,464	395	39,6	14605	„	„
25	**Alexander II.** Brüx-Ossegg	Ob.-Bergverw. Ant. Vlach	Obers.	125 b. 140	7	„	„	412	603	1,464	395	40,3	14350	„	„
26	„	„	Unters.	„	7	„	„	412	603	1,464	395	38,3	15100	„	„
27	**Karoline,** Witkowitzer K. Gr.	B.-Insp. Nečas Ing. A. Voves	Obers.	180	6	6 (4+10) = 84 Dr. No. 20	i = 84 δ = 2	264	18 M. 1300	4,924	587	184	15710	„	
28	„	„	Unters.	180	1½	„	„	264	1300	4,924	587	182	15880	„	
29	**Louis,** Witkowitzer Kohlgr.	B.-Insp. Nečas Ing. M. Halík	Obers.	180	6	6 (6+12) = 108 Dr. No. 20	i=108 δ = 2	339	8 M. 581	1,714	434	49	15180	„	
30	„	„	Unters.	180	3	„	„	339	581	1,714	434	53	14035	„	

Post-No.	Schacht, Name und Ort	Versuchs-Anordner oder Leiter	Seil-bezeich-nung	Draht-Festigk. A kg pro mm²	Be-triebs-dauer Mon.	Seil-Construction	Draht-zahl i und Dicke δ (mm)	Draht-Quer-schnitt $q = i\,\delta^2\frac{\pi}{4}$	Belastung n Mann Q kg	Belastung pr. mm² $s = \frac{Q}{q}$	Seil-länge L m	Ge-mess. Seil-dehng. λ (mm)	Elast.-Modul des Seiles $E = s\frac{L}{\lambda}$ kg pr. mm²	Hanf- oder Draht-seelen	Anmer-kung
31	**Ronna,** St. E. G. Kladno	Ober-Ing. A. Duchoslav u. G. Distl	a.	160	.	7×4.7=196 7×4.6=168	$\delta = 2$	570 (Mittel)	20 M. 1296	2,275	444	56,5	17880	Hanf	verj. S.
32	**No. VIII,** „	„	a.	155	7	8×4.6= 192 Dr. No. 16	$i = 192$ $\delta = 1{,}6$	384	6 M. 478	1,245	369	31,2	14725	„	nur Ab-teuf.
33	**Mayrau,** Pr. E. I. Ges. Kladno	Ob.-Ing. J. Karlik, Ass. Broz	Obers.	150	3	8×4.6 192 Dr. No. 16	$i = 192$ $\delta = 1{,}6$	384	8 M. 581	1,513	556	50	16825	„	
33½	„	„	Obers.	150	2	„	„	384	10 M. 735	1,914	556	58,7	18130	„	
34	„	„	Unters.	150	1	„	„	384	8 M. 581	1,513	556	53	15870	„	
35	**Franz,** Idria	M. Inspector K. Svoboda	rechts	120	10	7.6= 42 Dr. No. 20	$i = 42$ $\delta = 2$	132	6 M. 420	3,182	300	59	16180	Draht	
36	„	„	links	120	50	„	„	132	„	3,182	300	57	16750	„	
37	**Josef,** Idria	„	rechts	120	31	7.6= 42 Dr. No. 20	$i = 42$ $\delta = 2$	132	6 M. 420	3,182	317	64	15760	„	
38	„	„	links	120	31	„	„	132	„	3,182	317	54	18680	„	
39	**Maria,** Přibram	Insp. J. Diviš Ing. Janáček	Obers.	180	13	8.6=48 Dr. No. 20—23	$i = 48$	170,5	12 M. 792	4,663	932	310	14020	Hanf	verj. S.
40	**Franz Josef,** Přibram	„	Obers.	180	18	8.6=48 Dr. No. 21—24	$i = 48$	186,6	12 M. 792	4,261	930	290	13660	„	verj. S.

D. Wiederholte Versuche bei voller Mannschafts-Belastung.

ad Post-No.	Schacht, Name und Ort	Seil-bezeichnung	Betriebsdauer Mon.	Draht-Querschnitt $q = i\,\delta^2\,\frac{\pi}{4}$	Belastung n Mann	Belastung Q kg	Belastung pr. mm² $s = \frac{Q}{q}$	Seillänge L m	Gemess. Seildehng. λ mm	Elast.-Modul des Seiles $E = s\,\frac{L}{\lambda}$ kg pr. mm²	Elast.-Modul bei Belastung mit 8 Mann kg/mm²	Anmerkung
ad 23	**Alexander I,** Ossegg	Obers.	42	412	12 M.	834	2,024	395	49	16325	16520	Albertschlag
„ 24	„	Unters.	19	412	„	„	2,024	395	51,3	15590	14605	„
„ 25	**Alexander II,** Ossegg	Obers.	10	412	„	„	2,024	395	52	15385	14350	„
„ 26	„	Unters.	10	412	„	„	2,024	395	53,5	14950	15100	„
„ 2	K. k. **Julius IV,** Brüx	Oestl.	12	295	12 M.	815	2,763	220	45	13510	13970	
„ 14	**Salm II,** Poln. Ostrau	Obers.	25	275	12 M.	975	3,542	420	114	13050 ?	17240 ?	Seil knapp vor Ablegen
„ 22	**Michael,** G. W. Poln. Ostrau	Unters.	10	357	10 M.	675	1,88	400	49	15345	14345	Albertschlag
„ 29	**Louis,** Witkowitzer Kohlenw.	Obers.	11	339	12 M.	867	2,558	434	80	13875	15180	
„ 30	„	Unters.	8	339	„	„	2,558	434	88	12615 ?	14035	auffallend
„ 34	**Mayrau,** P. E. I. G. Kladno	Unters.	6	384	10 M.	735	1,914	556	67,5	15770	15870	
„ 9	**Max,** P. E. I. G. Libuschin	Obers.	15	479	20 M.	1356	2,831	511	103,5	13980	14730	
„ 11	„	Unters.	5½	479	„	„	2,831	511	104,0	13910	14310	
					Totaler Durchschnitt Durchn. excl. No. ad 14 „ No. ad 14 u. 30					14525 14660 14865	15020 14820 14895	3,5 % Untersch. 1,1 % Untersch. kein Untersch.

Note. Die Ausscheidung der beiden Nummern ad 14 und ad 30 von dem Vergleiche der Versuchs-Ergebnisse ist vollends gerechtfertigt, und hiemit die sehr annähernde Gleichheit der Durchschnitts-Ergebnisse bei den ursprünglichen Versuchen einerseits, und bei den wiederholten Versuchen andererseits hinreichend nachgewiesen.

A. Rundseile beim Kohlenbergbau (No. 1—30)
B. Flachseile beim Kohlenbergbau (No. 31—34)
C. Rundseile beim Erzbergbau (No. 35—40).

Diese 40 ursprünglichen Versuche wurden (einschliesslich mehrerer Wiederholungen) fast sämmtlich im Februar 1901 zu Stande gebracht.

Die Mehrzahl der Versuche wurde (über mein Ansuchen) ursprünglich bloss mit der Belastung von 8 Mann durchgeführt, die mindere Zahl mit der ganzen Mannschafts-Belastung; und es war (wie ich vorausgesehen) kein Einfluss dieses Unterschiedes auf die Versuchs-Resultate zu bemerken.

Zur vollkommenen Beruhigung auch der verstocktesten „Bessermacher" veranlasste ich jedoch im Juni 1901 eine nochmalige Vornahme der Versuche mit der **vollen** Mannschafts-Belastung an zwölf Orten, wo ursprünglich nur acht Mann die Seilbelastung bildeten. Diese Versuchsgruppe füllt die vierte Versuchs-Tabelle D aus, deren Post-No. die Berufung auf die ursprünglichen Versuchs-No. angibt. Laut dieser Tabelle ist der Durchschnittswerth des Elasticitäts-Moduls bei voller Mannschafts-Belastung beinahe genau gleich dem Durchschnittswerthe bei der Belastung durch acht Mann. Was zu beweisen war.*)

---

*) In der schliesslichen Calculation habe ich immerhin die Resultate der mit voller Mannschafts-Belastung durchgeführten (wiederholten) Versuche mit berücksichtigt; sie änderten natürlich (merklich) gar nichts an der ursprünglichen (vor der Wiederholung angestellten) Calculation. Und so würde sich auch merklich gar nichts ändern, wenn man bei den Versuchen das Seil — anstatt jeglicher sechs Mann à 75 kg d. i. 450 kg — mit je einem vollen Kohlenwagen von kaum dem doppelten Gewichte belasten würde, — abgesehen davon, dass die Versuche mit dieser letzteren (Betriebs-) Belastung nur sehr schwierig und unvollkommen durchzuführen wären. Es wäre überhaupt reiner Unverstand, die Versuche in einer andern, als in der von mir veranlassten Weise ausgeführt wissen zu wollen. Und wenn dies auch — posito, sed non concesso — auf einem andern, jedenfalls erschwerten Wege irgend durchführbar wäre, so ist doch zu bedenken, dass ja die Ziffern der Versuchs-Resultate nie und nimmer als Endzweck, sondern nur als ein Mittel zum Zwecke zu betrachten sind; dieser Zweck ist aber die wissenschaftliche Erledigung der Drahtseile mit Zuhilfenahme der Versuchs-Resultate in der hier angebahnten und wohl auch vollendeten Weise! (Videat Herr Maschinen-Inspector J. Diviš. Zugleich zum Wissen derjenigen freundlichen Herren Fachgenossen, welche ich zur Wiederholung der mühsamen Seildehnungs-Versuche zu veranlassen genöthigt war.)

Discussion der Seildehnungs-Versuche.

Aus den sämmtlichen Seildehnungs-Versuchen geht im allgemeinen hervor, dass, wie sich bereits bei dem Probe-Versuche in Přibram gezeigt hatte, das Förderseil beim Betriebe ungemein viel an derjenigen Elasticität einbüsst, welche demselben als neuem Seile eigen war. Bei den normalmässigen Rundseilen geht beinahe die Hälfte der Elasticität verloren, denn der Elasticitäts-Modul steigt beim Betriebe nahezu auf das doppelte, nämlich von (abgerundet) 7000 auf beiläufig 14000 kg/mm², d. i. von 0,36 E_0 auf beinahe 0,72 E_0, wenn E_0 (wie vordem) den Elasticitäts-Modul des neuen Seildrahtes an sich bezeichnet.

Der Grund dieser geradezu ungeheueren Einbusse liegt, wie bereits früher angedeutet wurde, vielweniger in der fortwährenden Dehnung, als vielmehr in der fortwährend abwechselnden Biegung und Geradrichtung, welche der Seildraht zu erleiden hat, sowie in den Stosswirkungen, denen ein Förderseil beim Betriebe ausgesetzt ist.

Nach dieser sich zunächst aufdrängenden Wahrnehmung könnte man (wie ich es gethan) die verschiedenen untersuchten Seile in Bezug auf das Seilmaterial sondieren; und da zeigt sich denn, dass zwischen den Seilen aus dem weicheren und jenen aus dem härteren Stahldraht kein merklicher Unterschied des Elasticitäts-Moduls zu beobachten ist.*)

Weiters wird man (wie ich ebenfalls gethan) die Förderseile nach ihrer Betriebsdauer zu gruppieren trachten, um etwa nachzusehen, in welcher Weise der Elasticitäts-Modul des Seiles mit der Betriebsdauer zunimmt, d. h. die Dehnsamkeit abnimmt. Man wird in dieser Beziehung durchaus kein einfaches Gesetz herausbringen, denn die betriebsälteren Seile zeigen bald einen höheren, bald einen geringeren Betrag des Elasticitäts-Moduls als die betriebsjüngeren Seile, und zwar findet das erstere vorwiegend (beiläufig gesagt) in der ersten Hälfte, das zweite hauptsächlich in der zweiten Hälfte der (durchschnittlich etwa 20 monatlichen) ganzen Betriebsdauer

*) Wir werden diesem Umstande am Schlusse dieses Kapitels dadurch Rechnung tragen, dass wir in den Tabellen der fertigen Werthe der Biegungsspannung für die im Betriebe stehenden Seile bloss den Mittelwerth $E_0 =$ 19 000 kg/mm² (zwischen 18 000 und 20 000) des neuen Seildrahtes an sich in Betracht ziehen werden.

statt. Es geht hieraus hervor, dass ein neues Seil beim Betriebe anfänglich ungemein rasch, etwa in wenigen Wochen einen bedeutenden Theil seiner Elasticität einbüsst, d. h. dass der Elasticitäts-Modul des Seiles anfangs sehr rasch wächst, weiterhin während des grösseren Theiles des Betriebes nur langsam zunimmt, schliesslich jedoch sogar abnimmt. Der Elasticitäts-Modul des Seiles hat sonach während des Betriebes ein (allerdings nur scheinbares) Maximum, somit die Elasticität ein (scheinbares) Minimum! Dieses (scheinbare) Maximum bezw. Minimum, insbesondere aber die darauffolgende Abnahme des rechnungsmässig (für den ganzen Drahtquerschnitt) ermittelten Elasticitäts-Moduls ist ein ernstes „Memento mori" für das Seil, denn die (scheinbare) Zunahme seiner Elasticität rührt davon her, dass durch den Abrieb des Seildrahtes und vielleicht auch durch einzelne Drahtrisse der effective, thatsächliche Drahtquerschnitt bereits derart abgenommen hat, dass eine bestimmte Belastung des Seiles nunmehr sogar eine grössere Dehnung zur Folge hat als vorher. Indem nun der Elasticitäts-Modul für den ganzen (ursprünglichen) Drahtquerschnitt ($q = i\,\delta^2\,\frac{\pi}{4}$) gerechnet wird, ergibt er sich kleiner als vorher, wodurch die blosse „Scheinbarkeit" des so bezeichneten Maximums bezw. Minimums dargethan ist.*)

---

*) Vielleicht würde es sich der Mühe lohnen, in einzelnen (namentlich in heikelen) Fällen der Praxis zur gehörigen Zeit einige Seildehnungs-Versuche in gewissen Intervallen wirklich auszuführen. Es wäre dabei gar nicht nothwendig, die vielleicht etwas lästige Berechnung des Elasticitäts-Moduls jedesmal vorzunehmen; es würde vielmehr (da es sich eben nur um ein bestimmtes Seil handelt) genügen, die auf die Einheit der Belastung entfallende Dehnung des Seiles auszumitteln; z. B. an einem bestimmten Tage erfährt ein Seil durch die Belastung von 12 Mann, $Q = 840$ kg eine Dehnung $\lambda = 144$ mm, wonach $\frac{\lambda}{Q} = 17{,}14$ mm pro 100 kg; nach acht Tagen erfährt dasselbe Seil durch die Belastung von 12 Mann, $Q = 882$ kg eine Dehnung $\lambda = 158$ mm, wonach $\frac{\lambda}{Q} = 17{,}91$ pro 100 kg; die Dehnung hat hienach um nahe 5% zugenommen, — ein memento mori! Man passe auf und versuche nach 8 Tagen wieder!

Noch vielmehr lohnend würde es sich (für die Allgemeinheit im fachlich-wissenschaftlichen Interesse) erweisen, wenn in einigen Fällen der Anwendung dergleichen Beobachtungen der Seildehnung an Seilen verschiedener Construction regelmässig, z. B. alle Monate (vom Auflegen eines neuen Seiles angefangen) vorgenommen, notiert und sodann — nach etwa 20 Beobachtungen — veröffentlicht würden, um das Gesetz des Verlaufes der Seil-Elasticität (etwa auch graphisch) daraus abzuleiten!!!

Die abgeführten zahlreichen Seildehnungs-Versuche mögen an der Hand der vorangehenden Zusammenstellung noch zu manch anderen Betrachtungen den Anlass geben.

Am allerdeutlichsten sprechen jedoch die Versuchs-Ergebnisse, wenn man sie nach der Art der **Seilconstruction** sondiert.

Diese Sonde ist auf der folgends beigeschlossenen Doppeltabelle so gut als möglich durchgeführt und bestätigt — man kann sagen glänzend — die in der vorangehenden Theorie (7. und 9. Kapitel) geltend gemachten Principien.

In der ersten Einzel-Tabelle sind die **„Versuchswerthe des Elasticitäts-Moduls E der Förderseile beim Betriebe"** so aufgezeichnet, wie sie sich bei den ursprünglichen vierzig im Februar 1901 abgeführten Seildehnungs-Versuchen (grösserentheils mit achtmännischer, kleinerentheils mit der ganzen Mannschafts-Belastung) ergaben; in der zweiten ganz gleich aussehenden Tabelle sind auch die Ergebnisse der im Juni 1901 abgeführten zwölf Wiederholungs-Versuche mit durchaus **voller** Mannschafts-Belastung, und zwar naturgemäss derart berücksichtigt, dass die Durchschnittswerthe von E aus den ursprünglichen und aus den wiederholten Versuchen in Rechnung gebracht wurden.

Die resultierenden Angaben der beiden Tabellen weichen von einander (was eben zu beweisen war) beinahe gar nicht ab.

Versuchswerthe des Elasticitäts-Moduls der Förderseile beim Betriebe für verschiedene Seilconstructionen

mit den jeweiligen (fettgedruckten) Mittelwerthen (E in kg pro mm²).
Den Einzelwerthen des Elasticitäts-Moduls sind die Post-Nummern der vorangehenden Versuchs-Tabellen vorgesetzt.

Nach dem **ursprünglichen** Ausfalle der Versuche A, B, C.

Rundseile mit Drahtseelen				Rundseile mit Hanfseelen		Rundseile ohne Seelen m. Hanfseel.	Flachseile
i=5 (3+9) bis 6	i=6 (4+10)	i=6 (6+12) i=7 (6+12)	i = 7 . 6	i=7 (6+12)	i = 8 . 6	i=6 (3+9)	i=4.6 (u. 4.7)
1. 15700	27. 15710	7. 15975	35. 16180	9. 14730	39. 14020	12. 13890	31. 17880
2. 13970	28. 15880	8. 15975	36. 16750	10. 14935	40. 13660	13. 14444	33. 16825
	29 15180	14. 17240	37. 15760	11. 14310		18. 13900	33⅓. 18130
	30. 14035	15. 15000	38. 18680			19. 14630	34. 15870
		16. 15190				20. 13270	
		17. 16160				21. 13450	
E=14835	E=15200	E=15925	E=16840	E=14660	E=13840	E=13990	E=17180
	desgl. in Albertschlag			Vergleich für Rundseile gleicher Construction		*) Das Seil No. 23 (in Albertschlag) ist ganz apart 39 Monate im angestrengten Betriebe, deshalb aus dem Vergleiche auszuscheiden und der Durchschnittswerth E = 14685 ins Auge zu fassen.	
	23. (16520) *)	3. 13880		mit **Draht**-seelen	m. **Hanf**seelen u. ohne Seelen		
	24. 14605	4. 13050					
	25. 14350	5. 14370		in umflochtenen Litzen:			
	26. 15100	6. 14000		14835	13930		
		22. 14345		15200	14660		
	(15140)			15925			
	E=14685	E=13990		E=15320	E=14300		
	Durchschn. E=14310 bei Albertschlag gegen 15560 bei Kreuzschlag um 8% kleiner (in der rechten Spalte um 13%); man nehme rund 10% zu Gunsten des Albertschlages an.			d. i. 107,1 gegen 100			
				in einfachen Litzen:			
				E=16840	E=13840		
				d. i. 122 gegen 100.			

Versuchswerthe des Elasticitäts-Moduls der Förderseile beim Betriebe für verschiedene Seilconstructionen

mit den jeweiligen (fettgedruckten) Mittelwerthen (E in kg pro mm²). Den Einzelwerthen des Elasticitäts-Moduls sind die Post-Nummern der vorangehenden Versuchs-Tabellen vorgesetzt, und bei den **wiederholten** Versuchen D die Durchschnittswerthe eingesetzt.

Rundseile mit Drahtseelen				Rundseile mit Hanfseelen		Rundseile ohne Seelen	Flachseile m. Hanfseel.
i=5 (3+9) bis 6	i=6 (4+10)	i=6 (6+12) i=7 (6+12)	i = 7.6	i=7 (6+12)	i = 8.6	i=6 (3+9)	i=4.6 (u. 4.7)
1. 15700	27. 15710	7. 15975	35. 16180	9. 14355	39. 14020	12. 13890	31. 17880
2. 13740	28. 15880	8. 15975	36. 16750	10. 14935	40. 13660	13. 14444	33. 16825
	29. 14530	14. 15145	37. 15760	11. 14110		18. 13900	33½. 18130
	30. 13325	15. 15000	38. 18680			19. 14630	34. 15920
		16. 15190				20. 13270	
		17. 16160				21. 13450	
E = 14720	E = 14860	E = 15575	E = 16840	E = 14470	E = 13840	E = 13930	E = 17165
	desgl. in Albertschlag			Vergleich für Rundseile gleicher Construction		*) Das Seil No. 23 (in Albertschlag) ist ganz apart bereits 42 Monate im angestrengtesten Betriebe, und deshalb (zu seinen Gunsten) aus dem Vergleiche auszuscheiden.	
	23. (16420)*)	3. 13880		mit **Draht**seelen	m. **Hanf**seelen u. ohne Seelen		
	24. 15095	4. 13050					
	25. 14865	5. 14370		in umflochtenen Litzen:			
	26. 15025	6. 14000		14720	14470		
		22. 14845		14860	13930		
	E = 14995	E = 14080		15575			
	Durchschn. E = 14510 bei Albertschlag, gegen E = 15215 bei Kreuzschlag um 5% kleiner in der rechten Spalte um 11%, rund 10% scheint das richtige zu sein.			E = 15050	E = 14200		
				d. i. 106 gegen 100			
				in einfachen Litzen:			
				E = 16840	E = 13840		
				d. i 122 gegen 100			

Schlussfolgerungen.

Obwohl sich alle Factoren, welche die Elasticität der Seile beeinflussen, beim Förderungs-Betriebe durch die bereits früher angeführten Momente (wiederholte Biegungen, Stosswirkungen) ganz bedeutend abschleifen und abstumpfen, und hiemit der Elasticitäts-Modul der im Betriebe stehenden Seile (je nach der Seilconstruction) bei weitem weniger schwankt als jener der neuen Seile, so geht aus den abgeführten Versuchen (übereinstimmend mit unseren früheren Ausführungen) doch klar und deutlich hervor:

a) die Schädlichkeit der Drahtseelen im Vergleiche mit den Hanfseelen selbst in den umflochtenen Litzen, wo wir die Drahtseelen als „minder schädlich" bereits bezeichneten und wo diese „mindere" Schädlichkeit mit 6—7% an der Grösse des Elasticitäts-Moduls nunmehr greifbar nachgewiesen ist; bei den (eigentlich schädlichen) Drahtseelen in einfachen Litzen beträgt dieses Mass der Schädlichkeit 22%!

b) die Flachseile mit Hanfseelen zeigen sich gegen die Rundseile mit Hanfseelen in dem Verhältnisse 17000 : 14000 unelastischer;

c) die Rundseile mit Drahtseelen haben wir vorher nur anticipando und nach dem Gefühle den Flachseilen im allgemeinen beiläufig gleichgestellt; wir sehen nunmehr, dass ihnen diese (wenig schmeichelhafte) Stelle beiläufig auch wirklich gebührt;

d) eine besondere Wahrnehmung lassen uns die abgeführten Versuche an den Förderseilen in Albertschlag, verglichen mit dem gewöhnlichen Kreuzschlag, machen; Albertschlag macht hienach die Förderseile um circa 10% biegsamer.*)

Das **Wesentlichste** von dem vielen **Wesentlichen,** wovon uns die an den Förderseilen beim Betriebe abgeführten zahlreichen Versuche belehren, ist aber der Umstand, dass wir mittelst der Versuchs-

*) Wenn ein Seil in Albertgeflecht in der Lage wäre, sich seinem Bestreben gemäss je nach seiner Belastung aufzudrehen (wie dies bei freihängender Last ohne Führung wirklich der Fall ist, so würden sich die Drähte desselben gerade so „zusammenlegen", wie bei einem Seile in Kreuzgeflecht, und es wäre sodann (bei sonst ganz gleicher Construction) kaum ein Unterschied der Elasticität beider Seile wahrzunehmen. Wenn aber das Seil in Albertschlag seinem Bestreben, sich aufzudrehen, vermöge der Führung der Schale nicht folgen kann, so macht sich dieses Bestreben durch eine gesteigerte Elasticität des Seiles bemerkbar.

Resultate — an der Hand der vorangegangenen theoretischen Entwicklungen — in der Lage sind, den Elasticitäts-Modul der im Betriebe stehenden Förderseile für **alle Seilconstructionen** festzustellen, und hiemit eine Tabelle der fertigen Werthe der Biegungsspannung für die Seile beim Förderungsbetriebe gerade so zu entwerfen, wie es im VIII. Kapitel für die neuen Seile bereits geschehen ist.

Zu diesem Zwecke werden wir die Versuchs-Resultate in ein Gewand hüllen, welches (um bildlich weiter zu sprechen) einerseits den regelrechten Schnitt nach der vorangegangenen Theorie (VII. Kapitel) besitzt, und welches andererseits nach den practischen Versuchs-Ergebnissen bemessen ist.

Wir haben theoretisch, jedoch bereits auf eine practische Grundlage (den Reductions-Coëfficienten des Elasticitäts-Moduls betreffend) gestützt, die folgenden zwei Reihen A und B des Elasticitäts-Moduls für **neue** Drahtseile festgesetzt, wovon

A. die Stahldrahtseile (mit $E_0 = 20000$ kg/mm²)
B. die Weichstahl- und Eisendrahtseile (mit $E_0 = 18000$ kg/mm²)

betrifft.

Da bei den im Betriebe stehenden Förderseilen der Einfluss des Drahtmaterials auf die Grösse des Elasticitäts-Moduls verschwindet, so nehmen wir die Mittelwerthe von A und B (ob arithmetisch, ob geometrisch, ist für die Anwendung irrelevant) in Betracht, wodurch sich die Durchschnitts-Reihe C für **neue** Seile ergibt.*)

	Draht an sich	Verschloss. Seile	Flac seile			zweimal gefl. Seile		Kabelseile	
			steif	mittel	biegsam	normal	biegsam		
A. $E=$	20000	16330	14000	12000	10230	7200	5905	4320	kg/mm²
B. $E=$	18000	14766	12770	11023	9518	6750	5580	4140	„
C. $E=$	19000	15548	13385	11512	9874	6975	5743	4230	„
D. $E=$	**24000**	**21673**	**19726**	**18040**	**16567**	**13958**	**12850**	**11100**	„

Die fettgedruckte Reihe D ist nun aus der Durchschnitts-Reihe C durch die erwähnte möglichste Anpassung an die Versuchs-Resultate

*) Indem sich beim Förderungs-Betriebe alle beeinflussenden Factoren abschwächen und die Unterschiede der verschiedenen Seilgattungen abstumpfen, lassen wir bei den zweimal geflochtenen Seilen zwei Abstufungen der Biegsamkeit hinweg und behalten genügenderweise bloss zwei Stufen.

Fortsetzung des Textes auf Seite 192.

Biegungsspannung σ (in kg/mm²) für Förderseile beim Betriebe.

(**Stossend** belastete und auf **Biegung** beanspruchte Drahtseile.)

$\frac{R}{d}$	Draht an sich*)	Verschlossene Seile	Drahtspiralseile: Flachseile			Gewöhnliche und Litzen-Spiralseile: normal	Gewöhnliche und Litzen-Spiralseile: biegsam	Kabelseile
Verhältn. $d^2 : i\,d^2 =$			2,1 – 2,6	2,6–3,2	3,2–4,0	2,2–2,8	2,8–3,6	3,6–4,6
2000	6,00	5,64	5,28	4,99	4,77	4,26	4,08	3,75
1946	6,17	5,79	5,43	5,13	4,90	4,38	4,20	3,86
1894	6,34	5,95	5,58	5,27	5,04	4,50	4,31	3,96
1845	6,50	6,11	5,73	5,41	5,16	4,62	4,43	4,07
1799	6,67	6,27	5,88	5,55	5,30	4,74	4,54	4,17
1754	6,84	6,43	6,02	5,69	5,44	4,86	4,65	4,28
1712	7,01	6,58	6,17	5,83	5,57	4,98	4,77	4,38
1672	7,18	6,74	6,32	5,97	5,70	5,10	4,88	4,49
1634	7,34	6,90	6,47	6,10	5,83	5,22	5,00	4,59
1597	7,51	7,06	6,62	6,24	5,97	5,34	5,11	4,70
1562	7,68	7,21	6,79	6,38	6,10	5,46	5,23	4,80
1524	7,87	7,39	6,93	6,54	6,26	5,60	5,36	4,92
1488	8,06	7,57	7,10	6,70	6,41	5,73	5,49	5,04
1453	8,26	7,75	7,27	6,86	6,56	5,87	5,62	5,16
1420	8,45	7,93	7,44	7,02	6,72	6,00	5,75	5,28
1389	8,64	8,11	7,61	7,18	6,87	6,14	5,88	5,40
1359	8,83	8,29	7,78	7,34	7,02	6,28	6,01	5,52
1330	9,02	8,48	7,95	7,50	7,18	6,41	6,14	5,64
1302	9,22	8,66	8,12	7,66	7,33	6,55	6,27	5,76
1276	9,41	8,84	8,29	7,82	7,48	6,68	6,40	5,88
1250	9,60	9,02	8,45	7,98	7,63	6,82	6,53	6,00
1220	9,84	9,24	8,67	8,18	7,82	6,99	6,70	6,15
1190	10,1	9,47	8,88	8,38	8,01	7,17	6,86	6,30
1163	10,3	9,69	9,09	8,58	8,20	7,34	7,02	6,45
1136	10,6	9,92	9,30	8,78	8,39	7,51	7,16	6,60
1111	10,8	10,1	9,51	8,98	8,59	7,68	7,35	6,75
1087	11,0	10,4	9,72	9,18	8,78	7,85	7,51	6,90
1064	11,3	10,6	9,93	9,38	8,97	8,02	7,67	7,05
1042	11,5	10,8	10,1	9,58	9,16	8,19	7,84	7,20
1020	11,8	11,0	10,4	9,77	9,35	8,36	8,00	7,35
1000	12,0	11,3	10,6	9,97	9,54	8,53	8,17	7,50
976	12,3	11,6	10,8	10,2	9,78	8,74	8,37	7,69
952	12,6	11,8	11,1	10,5	10,0	8,96	8,57	7,88
930	12,9	12,1	11,4	10,7	10,3	9,17	8,78	8,06
909	13,2	12,4	11,6	11,0	10,5	9,38	8,98	8,25
889	13,5	12,7	11,9	11,2	10,7	9,59	9,18	8,44
870	13,8	13,0	12,2	11,5	11,0	9,81	9,39	8,63
851	14,1	13,2	12,4	11,7	11,2	10,0	9,59	8,81
833	14,4	13,5	12,7	12,0	11,4	10,2	9,80	9,00
816	14,7	13,8	12,9	12,2	11,7	10,4	10,0	9,19
800	15,0	14,1	13,2	12,5	11,9	10,7	10,2	9,38
778	15,4	14,5	13,6	12,8	12,3	11,0	10,5	9,64
758	15,8	14,9	14,0	13,2	12,6	11,3	10,8	9,90
738	16,3	15,3	14,3	13,5	12,9	11,6	11,1	10,2
719	16,7	15,7	14,7	13,9	13,3	11,9	11,4	10,4
702	17,1	16,1	15,1	14,2	13,6	12,2	11,6	10,7
685	17,5	16,5	15,4	14,6	13,9	12,5	11,9	11,0
669	17,9	16,8	15,8	14,9	14,3	12,8	12,2	11,2
654	18,4	17,2	16,2	15,3	14,6	13,0	12,5	11,5
639	18,8	17,6	16,5	15,6	14,9	13,3	12,8	11,7
625	19,2	18,0	16,9	16,0	15,3	13,6	13,1	12,0
608	19,7	18,5	17,4	16,4	15,7	14,0	13,4	12,3
592	20,3	19,0	17,9	16,9	16,1	14,4	13,8	12,7
576	20,8	19,6	18,3	17,3	16,5	14,8	14,2	13,0
562	21,4	20,1	18,8	17,8	17,0	15,2	14,5	13,4
548	21,9	20,6	19,3	18,2	17,4	15,6	14,9	13,7

Die Ansätze rechts unten sind auch hier giltig.

*) bezw. ideales Förderseil mit dem Flechtwinkel = o.

Fortsetzung für Förderseile beim Betriebe.

$\frac{R}{\delta}$	Draht an sich	Verschlossene Seile	Draht-Spiralseile: Flachseile			Gewöhnliche und Litzen-Spiralseile: normal	Gewöhnliche und Litzen-Spiralseile: biegsam	Kabelseile
Verhältn. $d^2 : i\,\delta^2 =$			2,1—2,6	2,6—3,2	3,2—4,0	2,2—2,8	2,8—3,6	3,6—4,6
548	21,9	20,6	19,3	18,2	17,4	15,6	14,9	13,7
535	22,4	21,1	19,8	18,7	17,8	16,0	15,3	14,0
522	23,0	21,6	20,2	19,1	18,3	16,3	15,6	14,4
510	23,5	22,1	20,7	19,6	18,7	16,7	16,0	14,7
499	24,1	22,6	21,2	20,0	19,1	17,1	16,4	15,0
488	24,6	23,1	21,7	20,4	19,5	17,5	16,7	15,4
476	25,2	23,7	22,2	20,9	20,0	17,9	17,1	15,8
465	25,8	24,2	22,7	21,4	20,5	18,3	17,6	16,1
455	26,4	24,8	23,2	21,9	21,0	18,8	18,0	16,5
444	27,0	25,4	23,8	22,4	21,5	19,2	18,4	16,9
435	27,6	25,9	24,3	22,9	21,9	19,6	18,9	17,3
426	28,2	26,5	24,8	23,4	22,4	20,0	19,2	17,6
417	28,8	27,0	25,4	23,9	22,9	20,5	19,6	18,0
408	29,4	27,6	25,9	24,4	23,4	20,9	20,0	18,4
400	30,0	28,2	26,4	24,9	23,8	21,3	20,4	18,8
392	30,6	28,7	26,9	25,4	24,3	21,7	20,8	19,1
383	31,3	29,4	27,6	26,0	24,9	22,3	21,3	19,6
374	32,1	30,1	28,2	26,6	25,5	22,8	21,8	20,0
366	32,8	30,8	28,9	27,3	26,0	23,3	22,3	20,5
358	33,5	31,5	29,5	27,9	26,6	23,7	22,8	21,0
350	34,3	32,2	30,2	28,5	27,2	24,4	23,3	21,4
343	35,0	32,9	30,8	29,1	27,8	24,9	23,8	21,9
336	35,7	33,6	31,4	29,7	28,4	25,4	24,3	22,3
329	36,4	34,3	32,1	30,3	28,9	25,9	24,8	22,8
323	37,2	34,9	32,7	30,9	29,5	26,4	25,3	23,3
316	38,9	35,6	33,4	31,5	30,1	27,0	25,8	23,7
309	38,8	36,4	34,2	32,3	30,8	27,6	26,4	24,3
302	39,7	37,3	35,0	33,0	31,6	28,2	27,0	24,8
296	40,6	38,1	35,7	33,7	32,3	28,8	27,6	25,4
289	41,5	38,9	36,5	34,5	33,0	29,5	28,2	25,9
283	42,4	39,8	37,3	35,2	33,7	30,1	28,8	26,5
277	43,3	40,6	38,1	36,0	34,4	30,7	29,4	27,0
272	44,1	41,4	38,9	36,7	35,1	31,4	30,0	27,6
267	45,0	42,3	39,6	37,4	35,8	32,0	30,6	28,1
261	45,9	43,1	40,4	38,2	36,5	32,6	31,2	28,7
256	46,8	43,9	41,2	38,9	37,2	33,3	31,9	29,3
249	48,1	45,2	42,4	40,0	38,2	34,2	32,8	30,1
243	49,4	46,4	43,5	41,1	39,3	35,1	33,7	30,9
236	50,8	47,7	44,7	42,2	40,3	36,1	34,5	31,7
230	52,1	48,9	45,9	43,3	41,4	37,0	35,4	32,6
225	53,4	50,2	47,0	44,4	42,4	38,0	36,3	33,4
219	54,7	51,4	48,2	45,5	43,5	38,9	37,2	34,2
214	56,0	52,6	49,3	46,6	44,5	39,8	38,1	35,0
209	57,4	53,9	50,5	47,7	45,6	40,8	39,0	35,9
204	58,7	55,1	51,7	48,8	46,6	41,7	39,9	36,7
200	60,0	56,4	52,8	49,9	47,7	42,6	40,8	37,5
190	63,0	59,2	55,5	52,4	50,1	44,8	42,9	39,4
182	66,0	62,0	58,1	54,9	52,5	46,9	44,9	41,3
174	69,0	64,8	60,8	57,3	54,8	49,0	47,0	43,1
167	72,0	67,6	63,4	59,8	57,2	51,2	49,0	45,0
160	75,0	70,5	66,0	62,3	59,6	53,3	51,0	46,9
154	78,0	73,3	68,7	64,8	62,0	55,4	53,1	48,8
148	81,0	76,1	71,3	67,3	64,4	57,6	55,1	50,6
143	84,0	78,9	74,0	69,8	66,8	59,7	57,2	52,5
$E =$	**24000**	**21673**	**19726**	**18040**	**16567**	**13958**	**12850**	**11100**
$E' =$	24000	22540	21136	19948	19077	17058	16331	15000

$\sigma = {}^1/_2 E' \frac{\delta}{R}$

Für neuen Draht $E_0 = 19000$

Flachs. mit Drahtseelen | Runds.m. Drahts. in einfach. Litzen | in umflocht. Litzen

E Elastic.-Modul des Seiles (in kg/mm²)

E' Elastic.-Modul des Drahtes im Seile.

Albertschl. macht σ um 10% kl.

bei im Betriebe stehenden Förderseilen zum Vorschein gekommen. Den betreffenden rechnungsmässigen Vorgang brauche ich nicht mitzutheilen und erwähne nur, dass sich der Reductions-Coëfficient des Elasticitäts-Moduls für einmaliges Flechten für die Förderseile beim Betriebe rund mit 0,77 (anstatt 0,60 oder 0,612 bei neuen Seilen) ergibt.

Aus dieser Reihe der Werthe von E ist nun (zunächst durch Feststellung der zugehörigen Werthe des Elasticitäts-Moduls E' des Drahtes im Seile nach vorangegangener Theorie) die Tabelle S. 190, 191 für die Förderseile beim Betriebe (als stossend belastete Drahtseile) berechnet werden.

Aus dieser Tabelle kann für jede Construction der stossend beanspruchten Seile zu dem jeweiligen Verhältnisse $\frac{R}{\delta}$ (des Aufwicklungshalbmessers R zu der Drahtdicke δ) gehörig die Biegungsspannung σ beim Betriebe (in kg pro mm²) unmittelbar (ohne Rechnung) entnommen werden.

Beispiel der Anwendung.

Die Förderseile haben als **neue** Seile, wenn man sie mit 7,5 facher nomineller Sicherheit berechnet und den Halbmesser $R = 700\ \delta$ macht, bei der Bruchfestigkeit des Drahtes $A = 90$ bis 180 kg/mm² die **5** bis **6** fache effective Sicherheit (mit Rücksicht auf die Biegungsspannung $\sigma = 6{,}3$ kg/mm²); siehe 8. Kapitel S. 135.

Für dieselben Werthe von A und für dieselben Werthe der Dehnungsspannung s bei 7,5 facher nomineller Sicherheit ergibt sich aus der Tabelle für die Förderseile **beim Betriebe** zunächst zu $R = 700\ \delta$ gehörig $\sigma = 12{,}2$ kg/mm² und sodann die folgende Zusammenstellung:

für $A =$	90	120	150	180 kg/mm²
$s = \frac{A}{7{,}5} =$	12	16	20	24 „
$\sigma =$	12,2	12,2	12,2	12,2 „
$s + \sigma =$	24,2	28,2	32,2	36,2 „
$\frac{A}{s+\sigma} =$	3,7	4,3	4,7	5,0 fache Sicherheit.

Wenn man sich aber, wie häufig der Fall, mit der 6 fachen nominellen Sicherheit und $R = 685$ begnügt (wobei laut Tabelle $\sigma =$ 12,5), so ergibt sich beim Förderungsbetriebe:

für $A = 90$	120	150	180	kg/mm²
$s = \frac{A}{6} = 15$	20	25	30	„
$\frac{A}{s+\sigma} = 3{,}3$	3,7	4,0	4,2	fache Sicherheit.

Die Förderseile haben somit beim Betriebe thatsächlich im Durchschnitt nur die 3,5 bis etwa 4,5 fache und im totalen Durchschnitt (zugleich bei $A = 120$ genau eintreffend) die 4 fache effective Sicherheit! Am unteren Seilende ist aber wegen den unvermeidlichen Stosswirkungen die Sicherheit noch bedeutend geringer!!

Hiemit wird es vollständig klar, dass die Förderseile in der Regel eine dauernde Thätigkeit nicht über zwei Jahre aushalten, während so manche andere Constructionstheile bei 5 bis 6 facher Sicherheit die 10 fache Betriebsdauer nachweisen! Wir haben es eben anstatt der vermeintlichen 5 bis 6 fachen, vielmehr nur mit der 4 fachen und unten vielleicht kaum 3 fachen (effectiven) Sicherheit (im Durchschnitt) thatsächlich zu thun!!!

Die Transmissions-Drahtseile beim Betriebe.

Zur Beurtheilung der Transmissions-Seile beim Betriebe war ich nicht in der Lage, derartig verlässliche Anhaltspuncte zu gewinnen, wie dies bei den Förderseilen — schon durch die imponierende Anzahl der abgeführten Dehnungs-Versuche — der Fall war.

Allerdings hatte ich einerseits in den an den Förderseilen beim Betriebe erzielten Versuchs-Resultaten, andererseits in den für die neuen Seile gewonnenen verlässlichen Daten, zugleich eine gewisse Grundlage für die rechnungsmässige Behandlung der Transmissions-Seile; denn der Elasticitäts-Modul der letzteren muss wohl unzweifelhaft irgendwo zwischen jenem der neuen und der beim Fördern thätigen Seile dazwischen enthalten sein, und zwar würde er gerade mitten dazwischen liegen, wenn die dauernde Beanspruchung der Drahtseile auf Biegung für die Aenderung ihres physikalischen Zustandes gleich ausgibig wäre, wie die Beanspruchung durch die Stosswirkungen beim Förderungsbetriebe.

Ich war von vorneher geneigt, die annähernde Gleichheit dieser beiden Einflüsse in Rechnung zu bringen, hatte aber das naheliegende Bestreben, einen wenn auch nur beiläufigen Beleg für diese rechnungsmässige Annahme zu gewinnen, was allerdings nur durch einen oder den andern wirklichen Dehnungs-Versuch an functionierenden Transmissions-Seilen zu erzielen war.*)

Ein solcher Versuch wurde endlich in Přibram „zur Noth" ausgeführt und zwar an einem bei der Erzaufbereitung durch sechs Monate thätig gewesenen Transmissions-Seile.

Das Versuchs-Seil war ein (vor $^1/_2$ Jahr neu hergestelltes) Eisendrahtseil aus 48 Drähten No. 18, — leider mit Drahtseelen in den 6 drähtigen Litzen.

Der Dehnungs-Versuch ergab einen Elasticitäts-Modul des Seiles $E = 15740$ kg/mm². Nach unseren vorherigen Entwicklungen beträgt das Mittel zwischen ähnlich construierten neuen Seilen (mit $E = 12500$) und den Förderseilen beim Betriebe (mit $E = 17840$) mindestens $E = 15170$ kg/mm².

Es stellt sich somit das untersuchte Transmissions-Seil mit hinlänglicher Annäherung in das Mittel zwischen den neuen Seilen einerseits und den Förderungs-Seilen beim Betriebe andererseits.

Demnach glaube ich vor dem Begehen eines groben Fehlers gewahrt zu sein, wenn ich für die fertigen Werthe der Biegungsspannung bei im Betriebe stehenden Transmissions-Seilen eine Tabelle hier mittheile, welcher die Mittelwerthe der Elasticitäts-Module der beiden genannten Seil-Kategorien zu Grunde gelegt sind.

Hier folgt der Schlüssel zu der practischen Tabelle, in welchem nach Vorangehendem Zeile C die neuen Seile, Zeile D die Förderseile beim Betriebe und Zeile E die Transmissions-Seile beim Betriebe (für die neue Tabelle) betrifft.

*) Dergleichen Versuche an Transmissions-Seilen beim Betriebe sind bei weitem nicht so einfach und namentlich nicht überall auszuführen, wie die Dehnungs-Versuche an den Förderseilen. Die nach meinem Ersinnen einfachste Methode bestand darin, ein oder das andere bei der Kraft-Transmission (etwa 6 bis 20 Monate lang) thätige Seil von den Scheiben abzunehmen und einem Dehnungs-Versuche zu unterziehen, aber auch voraussichtlich ganz zu opfern. Ein dem Divis'schen ähnlicher Versuchs-Apparat oder dieser Apparat selbst sollte weiters das seinige thun. Ich veranlasste zu diesem Zwecke Recherchen in Kladno, welche jedoch zu keinem Ziele führten. Es erübrigte sonach nur Přibram als Versuchsort.

	Draht an sich	Verschloss. Seile	Flachseile			zweimal gefl. Seile		Kabelseile	
			steif	mittel	biegsam	normal	biegsam		
C. $E=$	19000	15548	13385	11512	9874	6975	5743	4230	kg/mm²
D. $E=$	24000	21673	19726	18040	16567	13958	12850	11100	„
E. $E=$	21500	18611	16556	14776	13220	10466	9296	7655	„

Der Reductions-Coëfficient des Elasticitäts-Moduls E für einmaliges Flechten stellt sich bei den Transmissions-Seilen (Zeile E) auf 0,71 gegen 0,61 bei neuen Seilen (Zeile C) und gegen 0,77 bei den Förderseilen im Betriebe (Zeile D).

Dass in den Tabellen über die fertigen Werthe der Biegungsspannung **alle** Seil-Kategorien (auch solche, welche für den betreffenden Zweck in der Regel **nicht** angewendet werden) aufgenommen sind, wird wohl verständigerweise Niemand beanstanden.

Der Verfasser hatte für diese allgemeine Behandlung seine (übrigens leicht einzusehenden) Gründe.

Der Elasticitäts-Modul des „Drahtes an sich“ in den ersten Spalten dieser Tabellen betrifft den Draht in dem Zustande der jeweiligen Abnützung, oder aber ein ideales Seil mit dem Flechtwinkel $= 0$.

Biegungsspannung σ (in kg/mm²) für Transmiss.-Seile beim Betriebe.

(**Ruhig** belastete und auf **Biegung** beanspruchte Drahtseile.)

$\frac{R}{\delta}$	Draht an sich*)	Verschlossene Seile	Drahtspiralseile: Flachseile			Gewöhnliche und Litzen-Spiralseile: normal	Gewöhnliche und Litzen-Spiralseile: biegsam	Kabelseile
	Verhältn. $d^2 : t\,\delta^2 =$		2,1 — 2,6	2,6 — 3,2	3,2 — 4,0	2,2 — 2,8	2,8 — 3,6	3,6 — 4,6
2000	5,35	4,84	4,44	4,09	3,81	3,20	2,95	2,59
1946	5,50	4,97	4,56	4,20	3,91	3,29	3,04	2,66
1894	5,65	5,11	4,68	4,31	4,02	3,38	3,12	2,73
1845	5,80	5,25	4,81	4,43	4,13	3,47	3,20	2,80
1799	5,95	5,38	4,93	4,54	4,23	3,56	3,29	2,87
1754	6,10	5,52	5,06	4,66	4,34	3,65	3,37	2,95
1712	6,25	5,65	5,18	4,77	4,45	3,74	3,45	3,02
1672	6,40	5,79	5,30	4,88	4,56	3,83	3,53	3,09
1634	6,55	5,92	5,43	5,00	4,66	3,92	3,62	3,16
1597	6,70	6,06	5,55	5,11	4,77	4,01	3,70	3,23
1562	6,85	6,19	5,68	5,23	4,87	4,09	3,78	3,31
1524	7,02	6,35	5,82	5,36	4,99	4,20	3,88	3,39
1488	7,19	6,50	5,96	5,49	5,12	4,30	3,97	3,47
1453	7,36	6,66	6,10	5,62	5,24	4,40	4,06	3,56
1420	7,53	6,81	6,25	5,75	5,36	4,50	4,16	3,64
1389	7,70	6,97	6,39	5,77	5,48	4,60	4,25	3,72
1359	7,87	7,12	6,53	6,01	5,60	4,71	4,35	3,81
1330	8,05	7,28	6,67	6,15	5,73	4,81	4,44	3,89
1302	8,22	7,43	6,81	6,28	5,85	4,91	4,54	3,97
1276	8,39	7,59	6,95	6,41	5,97	5,01	4,63	4,06
1250	8,56	7,74	7,10	6,54	6,09	5,12	4,73	4,14
1220	8,77	7,94	7,27	6,70	6,24	5,24	4,84	4,24
1190	8,99	8,13	7,45	6,86	6,39	5,37	4,96	4,34
1163	9,20	8,32	7,63	7,03	6,55	5,50	5,07	4,45
1136	9,42	8,52	7,80	7,19	6,70	5,63	5,20	4,55
1111	9,63	8,71	7,98	7,35	6,85	5,76	5,32	4,65
1087	9,84	8,91	8,16	7,51	7,00	5,88	5,43	4,75
1064	10,1	9,10	8,34	7,68	7,15	6,01	5,55	4,86
1042	10,3	9,29	8,51	7,84	7,31	6,14	5,67	4,96
1020	10,5	9,49	8,69	8,00	7,46	6,27	5,79	5,06
1000	10,7	9,68	8,87	8,17	7,61	6,40	5,91	5,17
976	11,0	9,92	9,09	8,37	7,80	6,55	6,06	5,30
952	11,2	10,2	9,31	8,58	7,99	6,71	6,20	5,43
930	11,5	10,4	9,54	8,78	8,18	6,87	6,35	5,56
909	11,8	10,6	9,76	8,99	8,37	7,03	6,50	5,69
889	12,0	10,9	9,98	9,19	8,56	7,19	6,65	5,82
870	12,3	11,1	10,2	9,39	8,75	7,35	6,80	5,94
851	12,6	11,4	10,4	9,60	8,94	7,51	6,94	6,07
833	12,8	11,6	10,6	9,80	9,13	7,67	7,09	6,20
816	13,1	11,9	10,9	10,0	9,32	7,83	7,24	6,33
800	13,4	12,1	11,1	10,2	9,52	7,99	7,39	6,46
778	13,7	12,4	11,4	10,5	9,78	8,22	7,59	6,64
758	14,1	12,8	11,7	10,8	10,0	8,44	7,80	6,82
738	14,5	13,1	12,0	11,1	10,3	8,67	8,01	7,01
719	14,9	13,5	12,3	11,4	10,6	8,89	8,21	7,19
702	15,2	13,8	12,6	11,6	10,8	9,11	8,42	7,37
685	15,6	14,1	12,9	11,9	11,1	9,34	8,63	7,55
669	16,0	14,5	13,3	12,2	11,4	9,56	8,83	7,73
654	16,4	14,8	13,6	12,5	11,6	9,79	9,04	7,91
639	16,7	15,1	13,9	12,8.	11,9	10,0	9,25	8,09
625	17,1	15,5	14,2	13,1	12,2	10,2	9,45	8,27
608	17,6	15,9	14,6	13,4	12,5	10,5	9,72	8,50
592	18,1	16,4	15,0	13,8	12,9	10,8	9,98	8,74
576	18,6	16,8	15,4	14,2	13,2	11,1	10,3	8,97
562	19,0	17,2	15,8	14,5	13,6	11,4	10,5	9,20
548	19,5	17,7	16,2	14,9	13,9	11,7	10,8	9,44

Die Ansätze rechts unten sind auch hier giltig.

*) bezw. ideales Transmiss.-Seil mit Flechtwinkel = o.

Fortsetzung für Transmiss.-Seile beim Betriebe.

$\frac{R}{\delta}$	Draht an sich	Verschlossene Seile	Draht-Spiralseile: Flachseile			Gewöhnliche und Litzen-Spiralseile: normal	Gewöhnliche und Litzen-Spiralseile: biegsam	Kabelseile
Verhältn. $d^2 : i\,\delta^2 =$			2,1 — 2,6	2,6 — 3,2	3,2 — 4,0	2,2 — 2,8	2,8 — 3,6	3,6 — 4,6
548	19,5	17,7	16,2	14,9	13,9	11,7	10,8	9,44
535	20,0	18,1	16,6	15,3	14,2	12,0	11,0	9,67
522	20,5	18,5	17,0	15,6	14,6	12,2	11,3	9,90
510	21,0	19,0	17,4	16,0	14,9	12,5	11,6	10,1
499	21,5	19,4	17,8	16,4	15,3	12,8	11,8	10,4
488	21,9	19,8	18,2	16,7	15,6	13,1	12,1	10,6
476	22,5	20,3	18,6	17,2	16,0	13,4	12,4	10,9
465	23,0	20,8	19,1	17,6	16,4	13,8	12,7	11,1
455	23,5	21,3	19,5	18,0	16,7	14,1	13,0	11,4
444	24,1	21,8	20,0	18,4	17,1	14,4	13,3	11,6
435	24,6	22,3	20,4	18,8	17,5	14,7	13,6	11,9
426	25,1	22,7	20,8	19,2	17,9	15,0	13,9	12,1
417	25,7	23,2	21,3	19,6	18,3	15,4	14,2	12,4
408	26,2	23,7	21,7	20,0	18,7	15,7	14,5	12,7
400	26,8	24,2	22,2	20,4	19,0	16,0	14,8	12,9
392	27,3	24,7	22,6	20,8	19,4	16,3	15,1	13,2
383	27,9	25,3	23,2	21,3	19,9	16,7	15,4	13,5
374	28,6	25,9	23,7	21,8	20,3	17,1	15,8	13,8
366	29,2	26,5	24,2	22,3	20,8	17,5	16,2	14,1
358	29,9	27,0	24,8	22,8	21,3	17,9	16,5	14,5
350	30,5	27,6	25,3	23,3	21,7	18,3	16,9	14,8
343	31,2	28,2	25,9	23,8	22,2	18,7	17,2	15,1
336	31,8	28,8	26,4	24,3	22,6	19,0	17,6	15,4
329	32,5	29,4	26,9	24,8	23,1	19,4	18,0	15,7
323	33,1	30,0	27,5	25,3	23,6	19,8	18,3	16,1
316	33,8	30,6	28,0	25,8	24,0	20,2	18,7	16,3
309	34,6	31,3	28,7	26,4	24,6	20,7	19,1	16,7
302	35,4	32,0	29,3	27,0	25,2	21,2	19,5	17,1
296	36,2	32,7	30,0	27,6	25,7	21,6	20,0	17,5
289	37,0	33,5	30,7	28,2	26,3	22,1	20,4	17,9
283	37,8	34,2	31,3	28,8	26,9	22,6	20,9	18,2
277	38,6	34,9	32,0	29,4	27,4	23,0	21,3	18,6
272	39,3	35,6	32,6	30,0	28,0	23,5	21,7	19,0
267	40,1	36,3	33,3	30,6	28,5	24,0	22,2	19,4
261	40,9	37,1	34,0	31,2	29,1	24,4	22,6	19,8
256	41,7	37,7	34,6	31,9	29,7	24,9	23,0	20,2
249	42,9	38,8	35,6	32,8	30,5	25,6	23,7	20,7
243	44,1	39,9	36,5	33,7	31,4	26,3	24,3	21,3
236	45,3	40,9	37,5	34,6	32,2	27,0	25,0	21,9
230	46,5	42,0	38,5	35,5	33,0	27,7	25,6	22,4
225	47,6	43,1	39,5	36,4	33,9	28,4	26,3	23,0
219	48,8	44,1	40,5	37,3	34,7	29,1	26,9	23,6
214	50,0	45,2	41,4	38,2	35,6	29,8	27,6	24,1
209	51,2	46,3	42,4	39,1	36,4	30,5	28,2	24,7
204	52,3	47,3	43,4	40,0	37,2	31,2	28,9	25,3
200	53,5	48,4	44,4	40,9	38,1	32,0	29,5	25,9
190	56,2	50,8	46,6	42,9	40,0	33,6	31,0	27,1
182	58,9	53,2	48,8	44,9	41,9	35,2	32,5	28,4
174	61,5	55,7	51,0	47,0	43,8	36,8	34,0	29,7
167	64,2	58,1	53,2	49,0	45,7	38,4	35,5	31,0
160	66,9	60,5	55,4	51,1	47,6	40,0	36,9	32,3
154	69,6	62,9	57,7	53,1	49,5	41,6	38,4	33,6
148	72,2	65,3	59,9	55,1	51,4	43,2	39,9	34,9
143	74,9	67,8	62,1	57,2	53,3	44,8	41,4	36,2
$E =$	**21400**	**18611**	**16556**	**14776**	**13220**	**10466**	**9296**	**7655**
$E' =$	21400	19355	17740	16340	15223	12790	11815	10340

$\sigma = {}^1/_2\, E' \frac{\delta}{R}$

Für neuen Draht $E_0 = 19000$

Flachs. mit Drahtseelen | Runds.m.Drahts. in einfach. Litzen | Runds.m.Drahts. in umflocht. Litzen

E Elastic.-Modul des Seiles (in kg/mm²)

E' Elastic.-Modul des Drahtes im Seile.

Albertschl. macht σ um 10% kl.

12. Kapitel.

Berechnung der Förderseile.*)

Ableitung der Seilberechnungs-Formel.

Bezeichnungen.

$\mathfrak{Q}$ die äussere Seilbelastung in kg (bei einem Förderseile $\mathfrak{Q} = Q + Q_0$; hiebei Q die Ladung als Nutzlast und Q_0 das Gefässgewicht (Schale sammt Wagen) als sogen. „todte" Last;

i die Drahtzahl im Seile;

δ die Drahtdicke, hier (vorläufig) in cm;

d die Seildicke in cm (für das Rundseil);

$q = i\,\delta^2\,\frac{\pi}{4}$ der summarische (tragende) Drahtquerschnitt in cm²;

s die in dem obersten (sogen. „gefährlichen") Seilquerschnitte herrschende, bezw. gestattete Dehnungsspannung in kg pro cm² (abgesehen von der schiefen Lage der Drähte im Seile), d. h. $s = \frac{A}{m}$ wenn A die Bruchbelastung und m den Sicherheitsgrad in dem „gefährlichen" Querschnitt bedeutet;

q' das Seilgewicht pro Meter Länge in kg;

G das Eigengewicht des Seiles in kg und zwar das wirksame Seilgewicht (abgesehen von der Ueberlänge);

L die Länge eines durchaus gleich dicken Seiles oder Seilstückes in m.

---

*) Die Berechnung der Förderseile wurde hier deshalb aufgenommen, weil sie (im Vergleiche mit den Transmissions- und andern Seilen) das Aparte bietet, dass hierbei nicht unmittelbar der wirksame Drahtquerschnitt q, sondern das Seilgewicht q' pro Meter für die Ermittlung der Seilconstruction sich ergibt. Auch ist diese Berechnungsweise dem Verfasser speciell eigenthümlich. —

Es ist zunächst ganz allgemein in dem obersten Seilquerschnitte die Totalspannung

$$q\,s = \mathfrak{Q} + G \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad 1)$$

Für ein durchaus gleich dickes (cylindrisches) Seil oder Seilstück von der Länge L ist $G = q'\,L$, somit

$$q\,s = \mathfrak{Q} + q'\,L \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad 1')$$

Für ein bestehendes oder bestehend gedachtes (durchaus gleich dickes) Seil oder Seilstück sind die Grössen q, q', $\mathfrak{Q}$ und L gegeben, und kann die Beanspruchung s in dem gespanntesten (obersten) Querschnitte ohne weiters nach 1') ermittelt werden.

Für ein herzustellendes Seil oder Seilstück sind bloss die Grössen $\mathfrak{Q}$, L und (dem gewünschten Sicherheitsgrade entsprechend) s gegeben; es enthält somit die Gleichung 1') diesfalls zwei Unbekannte, q und q'. Um eine dieser Unbekannten zu eliminieren, erwägen wir das Folgende:

Bei ungeänderter Totalspannung $q\,s$ nehme in 1') $\mathfrak{Q}$ (ideell) ab und L zu, bis endlich $\mathfrak{Q} = 0$ wird und L einen Specialwerth λ annimmt, d. h. $L = \lambda$ wird, so dass diese Totalspannung lediglich durch das Seilgewicht $\lambda\,q'$ hervorgerufen erscheint und somit das Seil bei der betreffenden Sicherheit eben nur „sich selbst tragen" würde, weshalb λ die „Traglänge" genannt wird; dann ist

$$q\,s = q'\,\lambda \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad 2)$$

somit (nach 1')

$$q'\,\lambda = \mathfrak{Q} + q'\,L \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad 3)$$

hiemit erscheint aus 1') die Grösse q eliminiert und anstatt der Spannung s die „Traglänge" λ eingeführt; gemäss 2) ist diese neue Grösse

$$\lambda = \frac{q}{q'}\,s \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad 4)$$

Das Verhältniss $\frac{q}{q'}$, bezw. $\frac{q'}{q}$ ist bei den Eisen- und Stahldraht-Seilen lediglich von der jeweiligen Seilconstruction abhängig und in unsern Seiltabellen (im 6. Kapitel) für **alle** Seilconstructionen numerisch angegeben.

Bei denjenigen Seilconstructionen, welche für die Förderseile bei weitem vorwiegend angewendet werden, d. i. bei den zweimal geflochtenen „normalen" Drahtseilen — gleichgiltig, ob es Seile der bisherigen Anwendung oder aber die neuen Litzen-Spiralseile sind, — ist (nach ausdrücklicher Bemerkung in den betreffenden Seiltabellen) annähernd oder beiläufig

$$q' = q, \text{ d. h. } q' \text{ in kg pro m nahe} = q \text{ in cm}^2 \quad \ldots\ldots 5)$$

und sodann gemäss 4) numerisch

$$\lambda \text{ in m nahe} = s \text{ in kg pro cm}^2 \quad \ldots\ldots\ldots 6)$$

Genau bleibt immerhin nach 4)

$$\lambda = \frac{q}{q'}\, s \text{ und } s = \frac{q'}{q}\, \lambda$$

wobei jedoch $\frac{q}{q'}$, und $\frac{q'}{q}$ von der Einheit in der Regel wenig abweichen und aus unsern Seiltabellen möglichst genau zu entnehmen sind.*)

---

*) Die obige Seilberechnungs-Formel 3) lässt sich auch folgends ableiten:

Denken wir uns die äussere Seilbelastung $\mathfrak{Q} = Q + Q_0$ durch ein Seilstück ersetzt, welches das gleiche Gewicht q' pro m besitzt; hiemit ergibt sich eine Gesammtseillänge λ; die Länge des belastenden Seilstückes ist $\lambda - L$ und sein Gewicht $q'(\lambda - L) = \mathfrak{Q}$; diese Formel ist mit der obigen $q'\lambda = \mathfrak{Q} + q' L$ identisch und ergibt, in die allgemeine Formel $q s = \mathfrak{Q} + q' L$ eingesetzt, die obige zweite Beziehung $q s = q' \lambda$. In Betreff des Verhältnisses $\frac{q'}{q}$ gilt das. Obige, dass nämlich dasselbe, wenn q in cm² ausgedrückt wird, von der Einheit nicht sehr verschieden ist, und dass somit λ in m nahe $= q$ in kg pro cm²; genau ist aber stets

$$\lambda = \frac{q}{q'}\, s \text{ und } s = \frac{q'}{q}\, \lambda.$$

Hiemit reduciert sich die gesammte vorläufige Seilberechnung auf die folgenden einfachen Beziehungen:

a) für ein vorhandenes oder vorhanden gedachtes Seil hat man aus 1) ganz allgemein

$$s = \frac{\mathfrak{Q} + G}{q} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \text{I};$$

b) für ein herzustellendes, bezw. auszumittelndes Seil oder Seilstück von gleicher Stärke (cylindrisches Rundseil), von der Länge L (in m) ist bei der äussern Seilbelastung $\mathfrak{Q}$ (in kg), bei der gestatteten Spannung s (dem gewünschten Sicherheitsgrade entsprechend) zunächst nach 6) die Traglänge

$$\lambda \text{ in m} \doteq s \text{ kg pro cm}^2$$

sodann nach 3) (aus $q' \lambda = \mathfrak{Q} + q' L$) das Seilgewicht pro m (in kg)

$$q' = \frac{\mathfrak{Q}}{\lambda - L} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \text{II}.$$

Durch die Grösse q' ist das Rundseil bezüglich seiner Tragfähigkeit bestimmt; auch das Seilgewicht $G = q' L$ ist hiedurch gegeben. Die Seilconstruction wird häufig der betreffenden Drahtseilfabrik überlassen; besser ist es jedoch, über dieselbe selbst zu verfügen, was mittelst der vorangehenden Seiltabellen und nach der hier noch folgenden Anleitung leicht geschehen kann, wobei sich auch die Seildicke ergibt.

Für bloss schematisch durchzuführende Berechnungen kann man sich mit der Bestimmung von q' begnügen und nur noch die Seildicke d annähernd ermitteln. Es ist für die bei Förderseilen meist angewendeten Seilconstructionen, d. i. für die zweimal geflochtenen normalmässigen Seile (einschliesslich der Litzen-Spiralseile) mit hinreichender Annäherung (durchschnittlich)

$$d = 1{,}75 \sqrt{q'} \text{ in cm} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \text{III}.$$

Für die concentrisch aus Runddrähten geflochtenen Draht-Spiralseile wäre (falls man an ihre Anwendung zur Förderung überhaupt denken wollte) abgerundet:

$$d = 1{,}50 \sqrt{q'} \text{ in cm} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \text{ ad III.}$$

Nach dem Vorhergehenden kann auch die Ausmittlung der Flachseile geschehen. Man berechnet nämlich in der unter b) angegebenen Weise einen einzelnen Strang des Flachseiles, für welchen die äussere Seilbelastung

$$\mathfrak{Q} = \frac{1}{J}(Q + Q_0)$$

wenn J die von vorneher angenommene Strangzahl im Flachseile bezeichnet. (In der Regel ist $J = 6$ oder 8.)

Dann ist das Stranggewicht pro m $q' = \frac{\mathfrak{Q}}{\lambda - L}$, das Flachseilgewicht pro m $= J q'$ und das ganze Seilgewicht $G = J q' L$. Die Seilconstruction und Seildicke wird nach der betreffenden Special-Tabelle für Flachseile zu bestimmen sein.

Nach dem Vorhergehenden kann ferner auch die schematische Ausmittlung der verjüngten Rundseile*) einschliesslich ihrer (beiläufigen) Dicke vorgenommen werden.

Hiebei ist zuvörderst das Folgende zu beherzigen:

Jedes cylindrische (gleich dicke) Seil (oder Seilstück) hat an seinem unteren Ende naturgemäss eine grössere, als die am oberen Ende vorhandene (eventuell vorgeschriebene oder überhaupt gewünschte) Sicherheit, und dies in um so höherem Masse, je länger dieses Seil (oder Seilstück) ist. Bei dem Seilgehänge zu unterst ist diese grössere Sicherheit auch durchaus nothwendig, denn das untere Seilende erfährt den bei jedem Anhube unvermeidlichen (auch jeden andern) Stoss, welcher das Seil in sehr hohem Masse beansprucht und

*) Die Verjüngung der Flachseile — insofern sie sich auf Bobinen (Spulen) regelmässig aufzuwickeln haben — erscheint durchaus nicht rathsam, wodurch auch ihrer Anwendbarkeit bezüglich der Förderungstiefe eine Grenze gesetzt ist, welche von dem Verfasser auf anderem Orte mit höchstens 1000 m bestimmt worden ist, — abgesehen von gewissen Unannehmlichkeiten dieser Seile selbst unter 1000 m Schachttiefe, welche bereits im 8. und 11. Kapitel zur Sprache kamen.

ruiniert, so zu sagen aus erster Hand, während die Wirkung dieses Stosses für die höher gelegenen Seilpartien durch die Elasticität des Seiles abgeschwächt, und je weiter nach oben, desto weniger verspürt wird. Daher kommt es auch, dass selbst bei cylindrischen Seilen von ansehnlicher Länge die leider immer wieder vorkommenden Seilrisse beinahe immer in der Nähe des Seilgehänges erfolgen.*)

Aus dieser Rücksicht sind cylindrische (gleich dicke) Seile bis zu möglichst grossen Tiefen zu verwenden; die Verjüngung der Seile nach unten behufs Verminderung des Seilgewichtes ist daher auf sehr grosse Tiefen — etwa über 700 oder 800 m — zu beschränken, und damit das untere Seilende die erforderliche namhafte Sicherheit besitze, so ist das unterste (cylindrische) Seilstück recht lang — jedenfalls 300 m oder mehr und bei den grössten Tiefen über 400 m lang — einzurichten. Wenn man sodann die übrigen cylindrischen Stücke eines nach unten verjüngten Rundseiles für die durchaus gleiche Sicherheit in ihren oberen (gespanntesten oder „gefährlichen") Querschnitten einrichten wollte, so müssten ihre Einzellängen von unten nach oben allmählich abnehmen. Dieses wäre für die Herstellung in der betreffenden Drahtseil-Fabrik sehr lästig und zugleich gar nicht zweckentsprechend, denn es soll die rechnungsmässige Sicherheit auch in den sogen. „gefährlichen" Querschnitten von unten nach oben (ein wenig) abnehmen (bezw. nach unten zunehmen); das Seil wird dann immerhin — wenn es reisst — sehr wahrschein-

---

*) Der mechanische Vorgang jenes unvermeidlichen Stosses beim Anhube besteht in dem Folgenden: Vor dem Anhube hängt das Seil um so mehr schlaff, je mehr man mit „Hängseil" fördert, während die beladene Schale unten fest aufsitzt; die angelassene Maschine sammt Trommel und Seil besitzt somit bereits eine gewisse (und bei sichtlichem „Hängseil" eine namhafte) Geschwindigkeit in dem Momente, wenn die ruhende (beladene) Schale von dem Seile erfasst wird und diese Geschwindigkeit plötzlich annehmen muss. Hiebei erleidet das untere Seilende einen Stoss, dessen Intensität durch die Energie (lebendige Kraft) $\frac{1}{2} M v^2$ gegeben ist, wenn M die Masse der beladenen Schale und v jene Geschwindigkeit bezeichnet.

Aehnliche, jedoch meist minder intensive Erschütterungen erleidet das Förderseil auch bei dem plötzlichen Einbremsen der Seiltrommel, ferner beim selbstthätigen Niedergehen der aufgesetzten Schale (ohne vorheriges Ueberheben), wenn die Schacht-Caps unter der letzteren nicht rechtzeitig weichen, u. a. m.

Prof. A. Káš hat diese Stosswirkungen in einem ausführlichen Aufsatze unter dem Titel „Beanspruchung der Förderseile mit Rücksicht auf die bei dem Betriebe vorkommenden Stossäusserungen" (Bergakadem. Jahrbuch, 49. Band, 1901) rechnungsmässig behandelt, auf welche interessante literarische Arbeit wir hiemit aufmerksam machen.

lich unten reissen. Diesen Rücksichten wird entsprochen, wenn man die übrigen Seilstücke (ausschliesslich des untersten von bedeutender Länge) gleich lang (z. B. 200 m lang) macht; nur bei den allertiefsten Schächten (gegen 2000 m) kann man beiläufig die Hälfte dieser „übrigen" Seilstücke (die unteren) etwas länger und die andere Hälfte (die oberen) etwas kürzer machen.

So wird z. B. für eine Fördertiefe von 1000 m das unterste Seilstück (mindestens) 300 m lang und die übrigen Stücke werden (mindestens) je 200 m lang zu machen sein; für eine Fördertiefe von 2000 m machen wir aber das unterste Seilstück (mindestens) 400 m lang, die folgenden 3 Stücke je 250 m lang und die übrigen je 200 m lang oder dgl.

Die nach diesem Principe eingerichteten Seile kann man als „mässig verjüngte" Seile bezeichnen.

Die schematische Ausmittlung eines verjüngten Seiles kann in der folgenden einfachen Weise geschehen.

Wir versehen die Grössen $\mathfrak{Q}$, L, q' und G für die einzelnen Seilstücke von unten nach oben mit Zeigern 1, 2, 3, wonach für das erste (unterste) Seilstück $\mathfrak{Q}_1 = Q + Q_0$.

Nach Festsetzung von λ (dem jeweiligen Sicherheitsgrade entsprechend, und zwar λ in $m = s$ in kg pro cm²) nimmt man die Länge L_1 des untersten Seilstückes (= 300 oder 400 m oder dgl.) an und berechnet

$$q'_1 = \frac{\mathfrak{Q}_1}{\lambda - L_1} \text{ nebst } G_1 = q'_1 L_1 \text{ und } d_1 = 1{,}75 \sqrt{q'_1};$$

hierauf ist für das zweite Seilstück $\mathfrak{Q}_2 = \mathfrak{Q}_1 + q'_1 L_1$ und nach Annahme von L_2 (z. B. = 200 m) ergibt sich

$$q'_2 = \frac{\mathfrak{Q}_2}{\lambda - L_2} \text{ nebst } G_2 = q'_2 L_2$$

ebenso ist für das dritte Seilstück:

$$\mathfrak{Q}_3 = \mathfrak{Q}_2 + q'_2 L_2;\ q'_3 = \frac{\mathfrak{Q}_3}{\lambda - L_3};\ G_3 = q'_3 L_3 \text{ (hiebei } L_3 = L_2)$$

u. s. w.

Es ist sodann das Total-Seilgewicht

$$G = G_1 + G_2 + G_3 + \ldots .$$

Die für ein verjüngtes Seil in angegebener Weise vorzunehmenden kleinen Berechnungen werden vortheilhafter Weise in einer Tabelle zusammengestellt.

Die „schematische" Seilausmittlung geschieht nach dem Vorhergehenden bloss rücksichtlich des Seilgewichtes und der (beiläufigen) Seildicke, jedoch ohne Rücksicht auf die Seilconstruction, von welcher in den folgenden Beispielen über die „definitive" Seilausmittlung die Rede sein wird.

Sicherheitsgrade der Förderseile.

Die „nominellen" Sicherheitsgrade, welche bei der Berechnung der Förderseile für die Materialförderung (Kohle, Erz) aus mittleren und grossen Tiefen rationeller Weise als mindestens nothwendig zu erachten wären, sind (mit alleiniger Berücksichtigung der Dehnung und ohne Rücksicht auf die Biegung) in der Voraussetzung eines bewährt geschmeidigen Materials etwa die folgenden:

für Rundseile überhaupt 7,5 fache Sicherheit gegen den Bruch;

für Flachseile überhaupt (mindestens) 9 fache Sicherheit gegen den Bruch.

Bei seichten Schächten sind entsprechend höhere Sicherheitsgrade unbedingt nothwendig, aber auch wohl zulässig; man gehe bei den Rundseilen für die seichtesten Schächte (von weniger als etwa 100 m Tiefe) nicht unter die 9 fache Sicherheit gegen den Bruch und gebe den Flachseilen für die seichtesten Schächte **mindestens** die 10 fache (nominelle) Sicherheit gegen den Bruch.*)

Hiebei sind wohleingefettete und wohlgestaltige **Hanfseelen** in den Seillitzen (und selbstverständlich auch in den Seilen) vorausgesetzt. Drahtseelen sind überhaupt zu vermeiden.

---

*) Die Ursache dieser scheinbar (aber nur scheinbar) strengen Anforderung bei seichten Schächten hat der Verfasser bereits wiederholt dargelegt:

Das ausgiebigst Schädliche für die Förderseile ist keineswegs ihre Beanspruchung durch die Förderlast auf Dehnung, sondern vielmehr und in erster Reihe die wiederholt abwechselnde Biegung und Geradstreckung des Seildrahtes, dann sind es aber auch die unvermeidlichen Erschütterungen und Stösse. Diese beiden schädlichen Momente kommen aber bei seichten Schächten in wesentlich gesteigertem Masse zur Geltung; denn hier muss das Seil in einer gewissen Zeit (z. B. in einer Stunde) desto öfter über Scheibe und Trommel laufen, je seichter eben der Schacht ist. Ausserdem

Nebenbei bemerkt, stimmen die hiemit für alle Stahldrahtseile als wünschenswerth angesetzten „nominellen" Sicherheitsgrade mit denjenigen Sicherheiten überein, welche der Verfasser vor Jahren für die Förderseile aus Extra-Stahldraht (180 kg pro mm²) als nothwendig angegeben hat. Der weiche Stahl- und Eisendraht, für welchen damals geringere Sicherheitsgrade als genügend angesehen wurden, wird heutzutage fast gar nicht mehr angewendet und soll auch, wie im 8. Kapitel dargethan wurde, für die Förderung überhaupt nicht angewendet werden.

Da heutzutage kein Anstand obwaltet und alle Raison dafür spricht, für die Förderseile nur den tragfähigsten Stahldraht (mindestens 120, meist jedoch 150 bis 180 kg pro mm²) zu verwenden, so werden die oben geforderten Sicherheitsgrade selbst bei den tiefsten Schächten unschwer einzuhalten sein und die wünschenswerthe Verlängerung der Betriebsdauer der Förderseile auf ihrer Seite haben.

Seiltrommel- und Seilscheiben-Halbmesser als Aufwicklungs-Halbmesser der Förderseile.

Es ist nunmehr unzweifelhaft erwiesen, dass es (neben den unvermeidlichen Stosswirkungen) in erster Reihe die von dem Drahte im Seile zu erleidende Biegungsspannung, bezw. die wiederholt abwechselnde Biegung und Streckung des Seiles ist, welche die Förderseile in verhältnissmässig kurzer Zeit dienstunfähig macht.

Ein Mittel zur möglichsten Verminderung dieses Uebels erblicken wir sonach in der möglichsten Herabsetzung der Biegungsspannung d. i. in der möglichst reichen Bemessung des Aufwicklungs-Halbmessers, in gleicher Weise die Seiltrommel und die Seilscheiben betreffend.

---

wird jeder Stoss durch die Elasticität des Seiles desto weniger abgeschwächt, je kürzer das Seil ist. Auch Prof. A. Káš hat in seiner bereits genannten Abhandlung über die Stosswirkungen bei den seichten Schächten mindestens 9 bezw. 10 fache Sicherheit als wünschenswerth berechnet.

Wenn man zudem bedenkt, dass bei einem seichten Schachte das möglichst sicher berechnete und construierte Förderseil weder durch sein Gewicht noch durch den Anschaffungspreis in der Anwendung lästig wird, so wird man die geforderte mindestens 9 bezw. 10 fache nominelle Sicherheit gegen den Bruch gewiss nicht übertrieben finden und dieselbe wohlweislich merklich zu überschreiten trachten.

Wir möchten deshalb die bei guten Ausführungen bisher eingehaltene Regel

$$R > 700\,\delta$$

auf diejenigen Fälle beschränken, in welchen ein grosser Aufwicklungs-Halbmesser R in irgend einer Richtung überhaupt hinderlich erscheint, wie dies z. B. bei den Flachseilen der Fall ist (selbstverständlich auch bei manchen Aufzügen u. s. w.).

In allen andern Fällen — insbesondere die Rundseile und die Schachtförderung im Grossen betreffend, — wird es unbedingt vortheilhaft und im Allgemeinen mit keinem besonderen Anstande verbunden sein,*) sich an die Regel zu halten:

$$R > 800 \text{ bis } 900\,\delta$$

Die betreffende Verhältnisszahl (800 bis 900) zu fixieren, ist wegen der Verschiedenheit der jeweilig obwaltenden Verhältnisse schwierig, aber auch nicht nothwendig. Hier heisst es jedenfalls: „je mehr, desto besser" — insoweit gut thunlich!

Zum Glück ist das Einhalten der eben gegebenen Regel häufig durch anderweitige Verhältnisse geboten, namentlich durch das höchst lobenswerthe Bestreben die Seiltrommel so gross zu machen, dass das Förderseil in einer einzigen Lage (und bei den grössten Tiefen in zwei Lagen) von Seilschlägen auf der Trommel Platz findet.**)

In anderen Fällen muss man eben der unseligen Biegungsspannung das Opfer einer reichlichen Bemessung der Aufwicklungs-Halbmesser bringen und wird in der verlängerten Betriebsdauer der Seile einen reichlichen Lohn finden.

Manche Fachmänner glauben bei der Bemessung des Aufwicklungs-Halbmessers R ausser der Drahtdicke δ auch die Seildicke d berücksichtigen zu sollen. Nach dieser Ansicht wäre der obigen (wissenschaftlichen) Regel

$$R > 800 \text{ bis } 900\,\delta \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \text{a)}$$

*) Die bei Neuanlagen aus einer grösseren Seiltrommel und aus grösseren Seilscheiben resultierenden Mehrkosten werden durch den zu erzielenden geringeren Seilverschleiss in kurzer Zeit gedeckt werden.

**) In solchen Fällen eines über obige Anforderung grossen Trommel-Halbmessers darf man aber auch mit dem Seilscheiben-Halbmesser nicht geizen!

die als „empirisch" zu bezeichnende form- und zahlenverwandte Regel entgegen zu halten:

$$R > 80 \text{ bis } 90\,d \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \text{ b)}$$

Diese letztere, wissenschaftlich nicht motivierte Regel b) gibt für beiläufig in der Anwendung als mittelgross erscheinende Grössen von δ und d (z. B. $\delta = 2$ mm und $d = 20$ mm) die gleichen Resultate für R, wie die Regel a).

Trotz des Mangels an theoretischer Begründung lässt sich gegen die partielle Berücksichtigung der Regel b) nichts einwenden, insoweit diese Berücksichtigung eine **Vergrösserung** von R zur Folge hat. Der Einfluss einer Verminderung von R darf aber der Regel b) **in keinem Falle** eingeräumt werden!

In dem ersteren, nämlich im Falle einer Vergrösserung von R wird es genügen, die Hälfte dieser Vergrösserung (eventuell auch nur ein Drittel) in Anwendung zu bringen, z. B. wenn $\delta = 2$ mm und $d = 30$ mm, so hat man im Durchschnitte

$$\text{nach a) } R > 850\,\delta = 1700 \text{ mm}$$
$$\text{„ b) } R > 85\,d = 2550 \text{ „}$$

Der Unterschied von 850 mm zur Hälfte berücksichtigt, ergibt

$$R > 2125 \text{ mm}$$

und zu einem Drittel berücksichtigt, folgt abgerundet

$$R > 2000 \text{ mm.}$$

In dieser Weise der Anwendung erscheint die Berücksichtigung der Regel b) wissenschaftlich insofern plausibel, als hiedurch dem Zeichen $>$ in der Formel $R > 850\,\delta$ Rechnung getragen wird. Unter keinen Umständen darf jedoch durch die Benützung der Beziehung b) das Zeichen $>$ dieser Formel ($R > 850\,\delta$) in das umgekehrte $<$ verwandelt werden!

Beispiele der **schematischen** Seilausmittlung (ohne Rücksicht auf die Seilconstruction).

1. Beispiel. Cylindrisches Rundseil aus Extradraht (180 kg/mm²) für Erzförderung aus 1000 m Tiefe; $Q = 2000$ kg; $Q_0 = 2000$ kg. 7,5 fache nominelle Sicherheit gegen den Bruch.

$180 : 7{,}5 = 24$ kg/mm²; $s = 2400$ kg/cm²; $\lambda = 2400$ m
$L = 1000$ m; $\Omega = Q + Q_0 = 4000$ kg

$$q' = \frac{\Omega}{\lambda - L} = \frac{4000}{1400} = 2{,}86 \text{ kg pro m}$$

$d = 1{,}75 \sqrt{q'} = 2{,}96$ cm $= 29{,}6$ mm, rund 30 mm
$G = q' L = 2860$ kg.

2. Beispiel. Mässig verjüngtes Rundseil aus Extradraht (180 kg/mm²) für dieselben Tiefen- und Belastungs-Verhältnisse; 7,5 fache (nominelle) Sicherheit gegen den Bruch; $\lambda = 2400$ m, wie im 1. Beispiel.

Tiefe $= \Sigma(L) = 1000$ m; $Q + Q_0 = 4000$ kg.

Das unterste Seilstück machen wir 400 m lang, die übrigen je 200 m lang.

Es ist für das erste (unterste) Seilstück: $\Omega_1 = Q + Q_0 = 4000$ kg; $\lambda = 2400$ m; $L_1 = 400$ m; sonach $q'_1 = \frac{\Omega_1}{\lambda - L_1} = \frac{4000}{2000} = 2{,}00$ kg pro m, hiemit $G_1 = q'_1 L_1 = 800$ kg und $d_1 = 1{,}75 \sqrt{q'_1} = 2{,}47$ cm.

Für das 2. Seilstück $\Omega_2 = \Omega_1 + G_1 = 4800$ kg u. s. w.

Diese und die weitere Berechnung ist aus der folgenden Tabelle zu ersehen:

Seilstück No.	Ω	λ	L	$q' = \frac{\Omega}{\lambda - L}$	$G = L q'$	$d = 1{,}75 \sqrt{q'}$ cm
1	4000	2400	400	2,00	800	2,47
2	4800	2400	200	2,18	436	2,58
3	5236	2400	200	2,38	476	2,70
4	5712	2400	200	2,60	520	2,82
Summa resp. Durchschnitt			1000	2,232	2232	2,61

Dieses Seil hat am unteren Ende, wo es am meisten leidet, 9 fache Sicherheit gegen den Bruch, denn es ist daselbst $\lambda = \frac{\Omega}{q'} = \frac{4000}{2{,}00} = 2000$ m, d. i. $s = 2000$ kg/cm² oder 20,0 kg/mm².

Note. Rechnen wir dieses Seil (was wir jedoch für die Anwendung durchaus nicht empfehlen) als ein Seil von möglichst gleicher Festigkeit auf durchaus 7,5 fache Sicherheit in den gespanntesten Querschnitten, indem wir dasselbe in 10 Abstufungen à 100 m Länge hergestellt denken; diese Rechnung gibt die folgende Tabelle:

Seilstück No.	$\mathfrak{Q}$	λ	L	$q' = \frac{\mathfrak{Q}}{\lambda - L}$	$G = L q'$
1	4000	2400	100	1,739	174
2	4174	2400	100	1,815	181
3	4355	2400	100	1,893	189
4	4544	2400	100	1,976	198
5	4742	2400	100	2,062	206
6	4948	2400	100	2,151	215
7	5163	2400	100	2,245	224
8	5387	2400	100	2,342	234
9	5621	2400	100	2,444	244
10	5865		100	2,550	255
			1000		2120

Dieses Seil ist (abgesehen davon, dass es practisch äusserst schwierig herzustellen wäre) nur um 112 kg leichter, als unser mässig verjüngtes Seil (von 2232 kg Gewicht) hat aber am unteren Ende, wo es am meisten leidet, nur die 7,83 fache Sicherheit; es ist nämlich daselbst $\lambda = \frac{Q}{q'} = \frac{4000}{1{,}739} =$ 2300 m, d. i. $s = 2300$ kg/cm² oder 23 kg/mm² Spannung gegen die Bruchbelastung 180 kg/mm², während das mässig verjüngte Seil an dieser wirklich gefährlichsten Stelle die 9 fache Sicherheit besitzt und practisch sehr bequem auszuführen ist, wie bei der definitiven Ausmittlung dieses Seiles demnächst nachgewiesen werden wird.

3. **Beispiel.** Flachseil aus Extradraht (180 kg/mm²) für dieselbe Tiefe und dieselben Belastungs-Verhältnisse, jedoch durchaus gleich dick, mit der diesfalls nothwendigen 9 fachen Sicherheit gegen den Bruch.

$L = 1000$ m; $Q = 2000$ kg, $Q_0 = 2000$ kg; für 6 Stränge im Seile $\mathfrak{Q} = \frac{1}{J}(Q + Q_0) = \frac{1}{6} 4000 = 667$ kg; für 9 fache Sicherheit $\frac{180}{9} = 20$ kg/mm² d. h. $s = 2000$ kg/cm² und $\lambda = 2000$ m.

Das Stranggewicht pro m:

$$q' = \frac{\Omega}{\lambda - L} = \frac{667}{1000} = 0{,}667 \text{ kg};$$

$$J q' = 4{,}0 \text{ kg/m};$$

$$G = J q' L = 4000 \text{ kg}.$$

Das Flachseil von 9 facher rechnungsmässiger Sicherheit ist somit um 40% schwerer, als das cylindrische Rundseil von 7,5 facher Sicherheit (2860 kg) und um beinahe 80% schwerer, als das verjüngte Rundseil (2232 kg). Dabei hat das Flachseil am unteren Ende die 20 fache rechnungsmässige Sicherheit gegen den Bruch, wird sonach daselbst und überhaupt nicht so leicht reissen, wohl aber (erfahrungsmässig) nach seiner ganzen Länge in verhältnissmässig kurzer Zeit schadhaft werden.

Die Strangdicke des Flachseiles wäre nur in dem Falle, wenn der Strang aus 4 gewöhnlichen Litzen bestände, $d = 1{,}75 \sqrt{q'} = 1{,}43$ cm $= 14{,}3$ mm; man kann jedoch die Litzen und hiemit das Seil um Einiges verdicken, um eine bessere Seilgewichts-Ausgleichung zu erzielen, wovon in dem Folgenden die Rede sein wird.

Auf Grundlage der schematischen Seilausmittlung kann man (indem man die Seilconstruction vor der Hand nicht beachtet) für einen concreten Fall auch den Förderungs-Apparat und in erster Reihe die Seiltrommel ausmitteln. Es ist jedoch rathsam, vor der Ausmittlung der Seiltrommel auch die Seilconstruction selbst zu bestimmen; bei der Flachseil-Bobine ist das letztere zumeist schlechterdings nothwendig.

Die schematische Seilausmittlung ist wegen ihrer Einfachheit dann am Platze, wenn man über verschiedene Förderungsmethoden (ohne auf die Details der Ausführung eingehen zu wollen) Combinationen anstellen will,*) oder aber auch dann, wenn für die betreffenden

---

*) So hat z. B. der Verfasser von dieser „schematischen" Ausmittlungsweise ausgiebigen Gebrauch gemacht, um für einen Rapport über alle Methoden und verschiedensten Fälle der Tiefbauförderung in der kürzesten Zeit Combinationen und Vergleiche anzustellen. (Conditions d'exploitation à grande profondeur. Rapport de M. Joseph Hrabák. Congrès international des mines et de la métallurgie, Paris 1900.)

Berechnungen keine Rechnungsbehelfe zur Hand sind. Es genügt nämlich hiezu lediglich die Kenntniss der beiden Beziehungen $q' \lambda = \mathfrak{Q} + q' L$ (hiebei λ in m $= s$ in kg pro cm^2) und $d = 1{,}75 \sqrt{q'}$.

Beispiele der eigentlichen Seilausmittlung (mit Rücksicht auf die Seilconstruction).

Selbstverständlich kann die „eigentliche" Seilausmittlung auch geraden Weges (ohne die vorangehende „schematische" Ausmittlung) vorgenommen werden, und wir wollen sie für die vorher behandelten drei Fälle hier auch so vornehmen, als ob die schematische Ausmittlung nicht vorangegangen wäre. Die Grundlage der Berechnung bildet auch hier die Beziehung $q' \lambda = \mathfrak{Q} + q' L$, wobei λ in m $= s$ in kg pro cm^2.

1. **Beispiel.** Cylindrisches Rundseil aus Extradraht (180 kg/mm^2) für Erzförderung aus 1000 m Tiefe.

$Q = 2000$ kg; $Q_0 = 2000$ kg; 7,5 fache nominelle Sicherheit gegen den Bruch.

$180 : 7{,}5 = 24$ kg/mm^2; $s = 2400$ kg/cm^2; $\lambda = 2400$ m

$L = 1000$ m; $\mathfrak{Q} = Q + Q_0 = 4000$ kg.

$q' = \frac{\mathfrak{Q}}{\lambda - L} = \mathbf{2{,}86}$ kg pro m nahe $= q$.

Für ein gewöhnliches zweimal geflochtenes Seil finden wir in der Seiltabelle IIa (6. Kap. S. 76) zur Wahl:

60	Dr.	No. 25;	$q = 2{,}95$	cm^2
72	„	„ 23;	$q = 2{,}99$	„
84	„	„ **21**;	$q = \mathbf{2{,}91}$	„
96	„	„ 20;	$q = 3{,}02$	„

Wir wählen 84 Dr. No. 21 mit $q = 2{,}91$ cm^2 und (gemäss letzter Zeile) $q' = 0{,}97\, q = \mathbf{2{,}82}$ kg pro m; Seilconstruction entweder $i = 6\,(4 + 10)$ oder $i = 7\,(3 + 9)$; wir wählen das letztere Seil aus 7 Litzen zu $3 + 9 = 12$ Drähten No. 21, ersetzen jedoch (gemäss Bemerkung am Schlusse der Seiltabelle) den dreidrähtigen Litzenkern durch 6 Drähte von der Dicke $\delta = 0{,}71\ \delta = 0{,}71 \,.\, 2{,}1 = 1{,}49$ mm nahe $=$ 1,5 mm d. h. um einen Kern von 6 Drähten No. 15 (nebst dünner Hanfseele) werden in jeder Litze 9 Drähte No. 21 geflochten sein und das Seil wird aus 7 solchen Compound-Litzen bestehen.

Die Seildicke (gemäss drittletzter Zeile der Seiltabelle) $d = x\, \delta = 13{,}70 \,.\, 2{,}1 = 29$ mm.

Das (wirksame) Seilgewicht $G = L\,q' = 1000 \,.\, 2{,}82 = 2820$ kg.

Die thatsächliche Dehnungsspannung im obersten Seilquerschnitt

$$s = \frac{\mathfrak{Q} + G}{q} = \frac{6820}{2{,}91} = 23{,}5 \text{ kg/mm}^2.$$

Behufs Ausmittlung der Biegungsspannung σ ist (laut vorletzter Zeile der Seiltabelle) die Charakteristik $d^2 : i\,\delta^2 = 2{,}23$; und wenn für $R > 800$ bis $900\,\delta$ der Trommel-Halbmesser $= 2$ m oder mehr, und der Seilscheiben-Halbmesser (minder reichlich bemessen) $R = 1{,}8$ m angenommen wird, so ist $R : \delta = 857$. Hiezu gibt die Tabelle A für neue Stahldraht-Seile am Schlusse des 8. Kap. (S. 148) den Werth der Biegungsspannung $\sigma = 5{,}1$ kg/mm², während die Tabelle für „Förderseile beim Betriebe" im 11. Kap. (S. 190) $\sigma = 10{,}0$ kg/mm² angibt.

Es ist sonach:	für das neue Seil	für das Seil beim Betriebe
die Dehnungsspannung $s =$ . . .	23,5 kg/mm²	23,5 kg/mm²
„ Biegungsspannung $\sigma =$ . . .	5,1 „	10,0 „
„ Totalspannung $s + \sigma =$ . . .	28,6 „	33,5 „
also die **„effective"** Sicherheit $\frac{A}{s+\sigma} = \frac{180}{s+\sigma} =$	6,3 fach	5,4 fach

Anstatt der gewöhnlichen Seilconstructionen $i = 6\ (4 + 10)$ oder $i = 7\ (3 + 9)$ könnte auch ein Litzen-Spiralseil mit einer der Constructionen $i = (4 + 10)\ 6$ oder $i = (3 + 9)\ 7$ No. 21 zur Anwendung kommen, das erstere aus 6 drähtigen, das zweite aus 7 drähtigen Litzen bestehend, wobei jedoch der vierlitzige Seilkern des ersteren durch 6 Litzen à 6 Drähte von der Dicke $\delta' = 0{,}82\,\delta = 1{,}7$ mm und der dreilitzige Seilkern des zweiten durch 6 Litzen à 7 Drähte von der Dicke $\delta' = 0{,}71\,\delta = 1{,}5$ mm zu ersetzen wäre, so dass nach unserer Bezeichnungsweise deutlicher $i = \overset{\vdots}{(4+10)}\ \overset{\vdots}{6}$ oder $i = \overset{\vdots}{(3+9)}\ \overset{\vdots}{7}$ zu schreiben wäre.

Selbstverständlich könnte man auch das sehr gestaltige aus 6 drähtigen Litzen geflochtene Litzen-Spiralseil mit $i = (6 + 12)\ 6 = 108$ Drähten No. $18^1/_2$ wählen, für welches ebenfalls $q = 2{,}91$ cm² (zwischen 2,75 und 3,06) wäre.

2. Beispiel der eigentlichen Seilausmittlung. Mässig verjüngtes Rundseil aus Extradraht (180 kg pro mm²) für die obige Tiefe $\Sigma(L) = 1000$ m, äussere Belastung $Q + Q_0 = 4000$ kg, 7,5 fache nominelle Sicherheit gegen den Bruch.

Wir nehmen für das erste (unterste) Seilstück vor der Hand die Länge $L_1 = 400$ m an.

$\mathfrak{Q}_1 = Q + Q_0 = 4000$ kg;

$s = 18000 : 7{,}5 = 2400$ kg pro cm², d. h. $\lambda = 2400$ m;

$$q'_1 = \frac{\mathfrak{Q}_1}{\lambda - L_1} = \frac{4000}{2000} = 2{,}00 \text{ kg pro m.}$$

Wir entscheiden uns, gleichgiltig, ob wir dem Seile die gewöhnliche Construction geben oder aber dasselbe als Litzen-Spiralseil herstellen wollen, nach Seiltabelle IIa, S. 76 oder Tabelle A, S. 84 für 72 Drähte No. 19, wozu $q_1 = 2{,}04$ und (corrigiert) $q'_1 = 0{,}97\, q_1 = 1{,}98$ kg pro m.

Wir untersuchen zunächst, wie lang die einzelnen Seilstücke sein müssten, wenn ihre Drahtdicke nach oben, nach der einfachen Drahtskala (No. 19, 20, 21 . . .) zunähme und in ihren obersten Querschnitten durchaus 7,5 fache Sicherheit ($s = 2400$ kg pro cm² und $\lambda = 2400$ m) vorhanden wäre.*)

Die allgemeine (genaue) Beziehung $q\,s = \mathfrak{Q} + L\,q'$ gibt jede der fraglichen Längen

$$L = \frac{q\,s - \mathfrak{Q}}{q'}$$

Zunächst ergibt sich die corrigierte Länge des ersteren (untersten) Seilstückes (für $q = 2{,}04$; $s = 2400$; $\mathfrak{Q} = 4000$; $q' = 1{,}98$)

$$L_1 = \frac{2{,}04 \,.\, 2400 - 4000}{1{,}98} = \mathbf{453} \text{ m.}$$

das Gewicht desselben wäre $G_1 = L_1\, q' = 453 \,.\, 1{,}98 = 896$ kg.

Für das zweite Seilstück (aus 72 Drähten No. 20) ist $\mathfrak{Q} = 4000 + 896 = 4896$ kg; $s = 2400$; ferner (nach Seiltabelle) $q = 2{,}26$ und $q' = 0{,}97\, q = 2{,}19$, somit

*) Wir könnten hiebei ohne weiters einfach $q' = q$ annehmen; da aber genauer $q' = 0{,}97\, q$ ist, so nehmen wir hier die genaueren (um 3 Procent verminderten) Werthe von q' in Betracht.

$$L_2 = \frac{2{,}26 \,.\, 2400 - 4896}{2{,}19} = 241\,\text{m};$$

das Gewicht dieses Seilstückes wäre $G_2 = L_2 q' = 241 \,.\, 2{,}19 = 528$ kg.

Ebenso ergibt sich für das dritte Seilstück (aus 72 Drähten No. 21) mit $\Omega = 4896 + 528 = 5424$; ferner (nach Seiltabelle) $q = 2{,}49$ und $q' = 0{,}97\ q = 2{,}42$

$$L_3 = \frac{2{,}49 \,.\, 2400 - 5424}{2{,}42} = 228\ \text{m}$$

hiezu $G_3 = L_3 q' = 552$ kg.

Die ermittelten Längen der Seilstücke

$$L_1 = 453\ \text{m}$$
$$L_2 = 241\ \text{„}$$
$$L_3 = 228\ \text{„}$$

könnten für die wirkliche Ausführung abgerundet werden, wenn wir knapp rechnen wollen, auf

$L_1 = 450$ m aus 72 Dr. No. 19
$L_2 = 250$ „ „ 72 „ „ 20
$L_3 = 250$ „ „ 72 „ „ 21

Die auf 1000 m noch fehlenden 50 m sammt Ueberlänge (von etwa 100 m) wären aus 72 Drähten No. 22 herzustellen.

Wenn wir jedoch die 7,5 fache Sicherheit auch in den oberen Seilstücken einhalten, also weniger knapp rechnen wollen, so entschliessen wir uns für

$L_1 = \mathbf{400}$ m aus 72 Dr. No. 19
$L_2 = \mathbf{250}$ „ „ 72 „ „ 20
$L_3 = \mathbf{250}$ „ „ 72 „ „ 21

die noch fehlenden 100 m sammt Ueberlänge beständen aus 72 Drähten No. 22.

Für diese letztere Ausführung des Seiles ermitteln wir schliesslich die nominelle und effective Sicherheit in den obersten Quer-

schnitten der einzelnen Seilstücke (allerdings nur des ersten, zweiten und dritten, da das vierte übersicher ist).

Aus der allgemeinen Beziehung $q\,s = \mathfrak{Q} + L\,q'$ folgt die Dehnungsspannung

$$s = \frac{\mathfrak{Q} + L\,q'}{q} = \frac{\mathfrak{Q} + G}{q}$$

Dieselbe, so wie die nominelle Sicherheit ergibt sich für die einzelnen Seilstücke folgends:

Seilstück No.	72 Drähte No.	q mm²	$q' =$ 0,97 q (q in cm²)	L	$G = L\,q'$	$\mathfrak{Q}$	$s = \frac{\mathfrak{Q} + G}{q}$	nomin. Sicherh. $\frac{180}{s}$
1	19	204	1,98	400	792	4000	23,5	7,66
2	20	226	2,19	250	548	4792	23,6	7,63
3	21	249	2,42	250	605	5340	23,9	7,53
4	22	274	2,66	100	266	.	.	.
		Summe	.	1000	2211			

Zur Bestimmung der Biegungsspannung σ und der effectiven Sicherheit $\frac{180}{s+\sigma}$ nehmen wir den Aufwicklungs-Halbmesser (wie vorher bei dem cylindrischen Seile) $R = 1{,}8$ m an und entnehmen σ unmittelbar den Tabellen S. 148 für neue Seile und S. 190 für Förderseile im Betriebe. Es ergibt sich

Seilstück No.	δ mm	$\frac{R}{\delta}$	s wie oben	für das neue Seil			für das Seil im Betriebe		
				σ	$s+\sigma$	$\frac{180}{s+\sigma}$	σ	$s+\sigma$	$\frac{180}{s+\sigma}$
1	1,9	942	23,5	4,7	28,2	6,38	9,1	32,6	5,52
2	2,0	900	23,6	4,9	28,5	6,32	9,5	33,1	5,44
3	2,1	857	23,9	5,1	29,0	6,21	10,0	33,9	5,31
4	2,2	.	.	.	.	.	.	.	.

Bei reichlich 7,5 facher nomineller Sicherheit hat somit das Förderseil beim Betriebe kaum die 5,5 fache effective Sicherheit, trotzdem der Aufwicklungs-Halbmesser R reichlich bemessen ist (R rund $= 900\,\delta$).

3. **Beispiel** der eigentlichen Seilausmittlung: Flachseil aus Extradraht (180 kg pro mm²) für die obige Tiefe $L = 1000$ m und Belastung $Q = 2000$ kg, $Q_0 = 2000$ kg; $Q + Q_0 = 4000$ kg; 9 fache Sicherheit gegen den Bruch; $\frac{180}{9} = 20$ kg pro mm², d. h. $s =$ 2000 kg pro cm² und $\lambda = 2000$ m.

Wir nehmen 6 Stränge im Seil, also für einen Strang $\mathfrak{Q} = \frac{1}{6}(Q + Q_0) = 667$ kg.

Stranggewicht pro m

$$q' = \frac{\mathfrak{Q}}{\lambda - L} = \frac{667}{1000} = 0{,}667 \text{ kg}.$$

Wir finden in der Seiltabelle IV, S. 104 für Flachseile zur Wahl:

$i = 24$	Dr. No.	$19^1/_2$;	$q = 0{,}715$	cm²	und	$q' = 0{,}97\, q = 0{,}69$	kg
$i = 28$	„	„ 18;	$q = 0{,}71$	„	„	$q' = 0{,}98\, q = 0{,}70$	„
$i = 32$	„	„ 17;	$q = 0{,}73$	„	„	$q' = 0{,}99\, q = 0{,}72$	„
$i = 36$	„	„ 16;	$q = 0{,}72$	„	„	$q' = 1{,}00\, q = 0{,}72$	„
$i = 40$	„	„ 15;	$q = 0{,}71$	„	„	$q' = 1{,}01\, q = 0{,}72$	„

Wir meiden das (übrigens meist angewendete) steife und schlecht ausgleichende Seil der ersten Zeile und wählen einmal (a) das Seil der zweiten Zeile, das anderemal (b) das möglichst ausgleichende Seil der letzten Zeile (obwohl die diesfällige Drahtdicke $\delta = 1{,}5$ mm schon ein wenig zu klein ist; bei der Kohlenförderung würde sie wegen grösserem Q_0 gross genug ausfallen).

a) Dünneres Flachseil aus 6 Strängen, jeder aus $i = 28$ Drähten No. 18 (4 Litzen à 7 Drähte um eine entsprechend starke Hanfseele); $q = 0{,}71$ cm²; $q' = 0{,}70$ kg; ferner laut Seiltabelle $d = 8{,}28\, \delta = 15$ mm; $d^2 : i\, \delta^2 = 2{,}45$; Seilgewicht pro m $= 6\, q' = 6 \cdot 0{,}70 = 4{,}2$ kg; wirksames Seilgewicht $G = 4{,}2\, L = 4200$ kg.

Die thatsächliche Dehnungsspannung in dem oberen Seilquerschnitte

$$s = \frac{\mathfrak{Q} + G}{6 \cdot q} = \frac{8200}{6 \cdot 0{,}71} = 1925 \text{ kg pro cm}^2 = 19{,}25 \text{ kg pro mm}^2.$$

Behufs Ausmittlung der Biegungsspannung σ nehmen wir $R = 750\ \delta$ an, hiezu und zu der Charakteristik $d^2 : i\,\delta^2 = 2{,}45$ gibt die Tabelle A für „neue Stahldrahtseile“ (S. 148) den Werth $\sigma = 10{,}0$ kg pro mm², während die Tabelle für „Förderseile beim Betriebe“ (S. 190) $\sigma = 14{,}1$ kg pro mm² angibt.

Es ist sonach	für das neue Seil	für das Seil beim Betriebe	
die Dehnungsspannung $s =$ . . .	19,25	19,25	kg pro mm²
„ Biegungsspannung $\sigma =$ . . .	10,0	14,1	„
„ Totalspannung $s + \sigma =$ . . .	29,3	33,4	„
also die effective Sicherheit $\frac{A}{s+\sigma} = \frac{180}{s+\sigma} =$	6,2 fach	5,4 fach	

Die effective Sicherheit ist somit bei diesem Flachseile eben so gross, wie bei dem cylindrischen und verjüngten Rundseile, trotzdem dass das Flachseil für die 9 fache nominelle Sicherheit gerechnet und hiemit viel schwerer ist, als die für 7,5 fache nominelle Sicherheit gerechneten Rundseile.

b) Dickeres Flachseil aus 6 Strängen, jeder aus $i = 40$ Drähten No. 15 (4 Litzen à 10 Drähte mit dicker Hanfseele); $q = 0{,}71$ cm²; $q' = 0{,}72$ kg, ferner laut Seiltabelle $d = 10{,}65\ \delta = 16$ mm; $d^2 : i\,\delta^2 = 2{,}84$.

Seilgewicht pro $m = 6\,q' = 6 \,.\, 0{,}72 = 4{,}32$ kg; wirksames Seilgewicht $G = 4{,}32\ L = 4320$ kg.

Die thatsächliche Dehnungsspannung in dem oberen Querschnitte

$$s = \frac{\mathfrak{Q} + G}{6\,q} = \frac{8320}{6 \,.\, 0{,}71} = 1950 \text{ kg pro cm}^2 = 19{,}5 \text{ kg pro mm}^2$$

Behufs Ausmittlung der Biegungsspannung σ nehmen wir (wie bei a) $R = 750\ \delta$ an; hiezu und zu der Charakteristik $d^2 : i\,\delta^2 = 2{,}84$ gibt die Tabelle A für „neue Stahldrahtseile“ (S. 148) den Wert $\sigma = 8{,}8$ kg pro mm², während die Tabelle für „Förderseile beim Betriebe“ (S. 190) $\sigma = 13{,}3$ kg pro mm² angibt.

Es ist sonach	für das neue Seil	für das Seil beim Betriebe	
die Dehnungsspannung $s =$ . . .	19,5	19,5	kg pro mm²
„ Biegungsspannung $\sigma =$ . . .	8,8	13,3	„
„ Totalspannung $s + \sigma =$ . . .	28,3	32,8	„
also die effective Sicherheit			
$\frac{A}{s+\sigma} = \frac{180}{s+\sigma} =$	6,4 fach	5,5 fach	

Die effective Sicherheit ist somit bei dem dickeren Flachseile um Einiges grösser, und die Seilgewichts-Ausgleichung dennoch ansehnlich besser als bei dem dünneren Flachseile.

Beilagen.

(Abbildungen.)

Uebersicht.

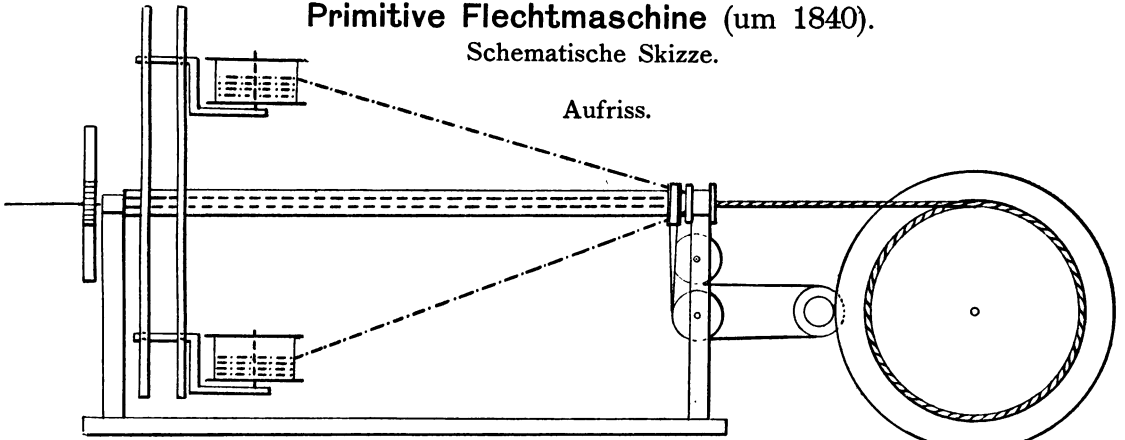
1. bis 3. Beilage (auf 6 Blättern). Historische Flechtmaschinen.
4. bis 8. Beilage. Jetzige Flechtmaschinen.
9. u. 10. Beilage. Ansichten der Drahtseile alter (bisheriger) und neuer Construction.

1. Beilage.

Primitive Flechtmaschine (um 1840).

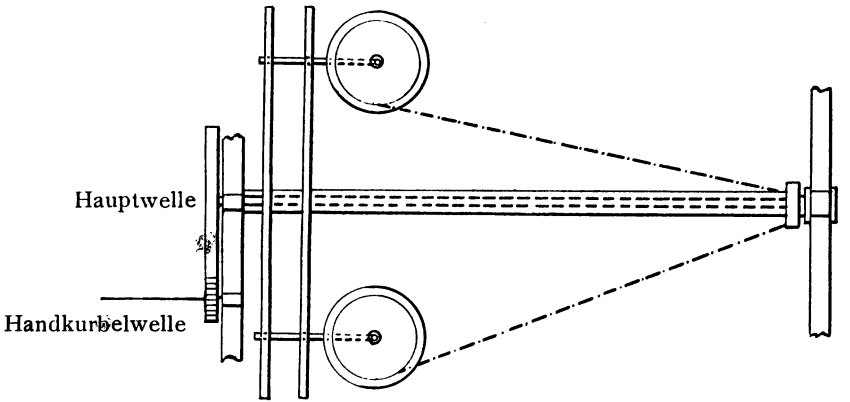
Schematische Skizze.

Aufriss.

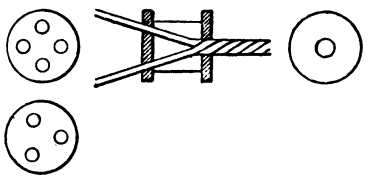


Nach Karmarsch.

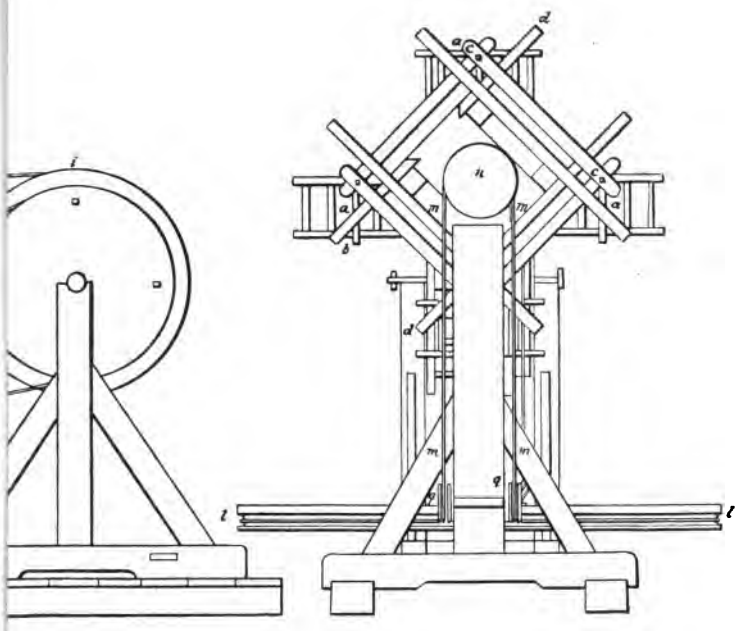
Zahnkranz

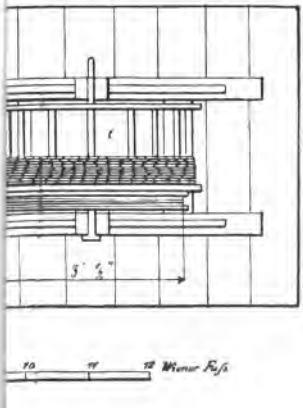


Grundriss.

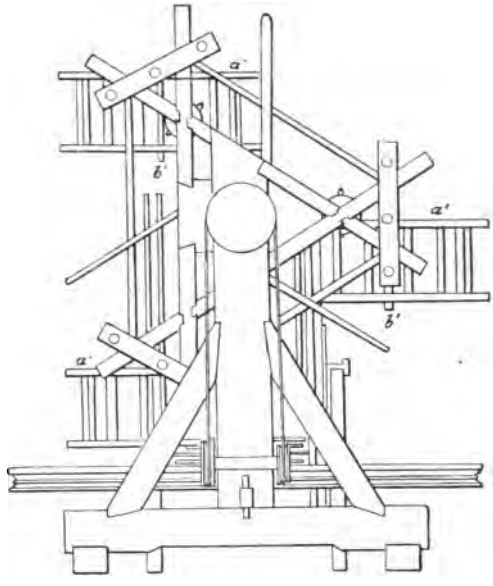


Vergrössert.





Nach der Originalzeichnung
des Schemnitzer Montan-Archivs.

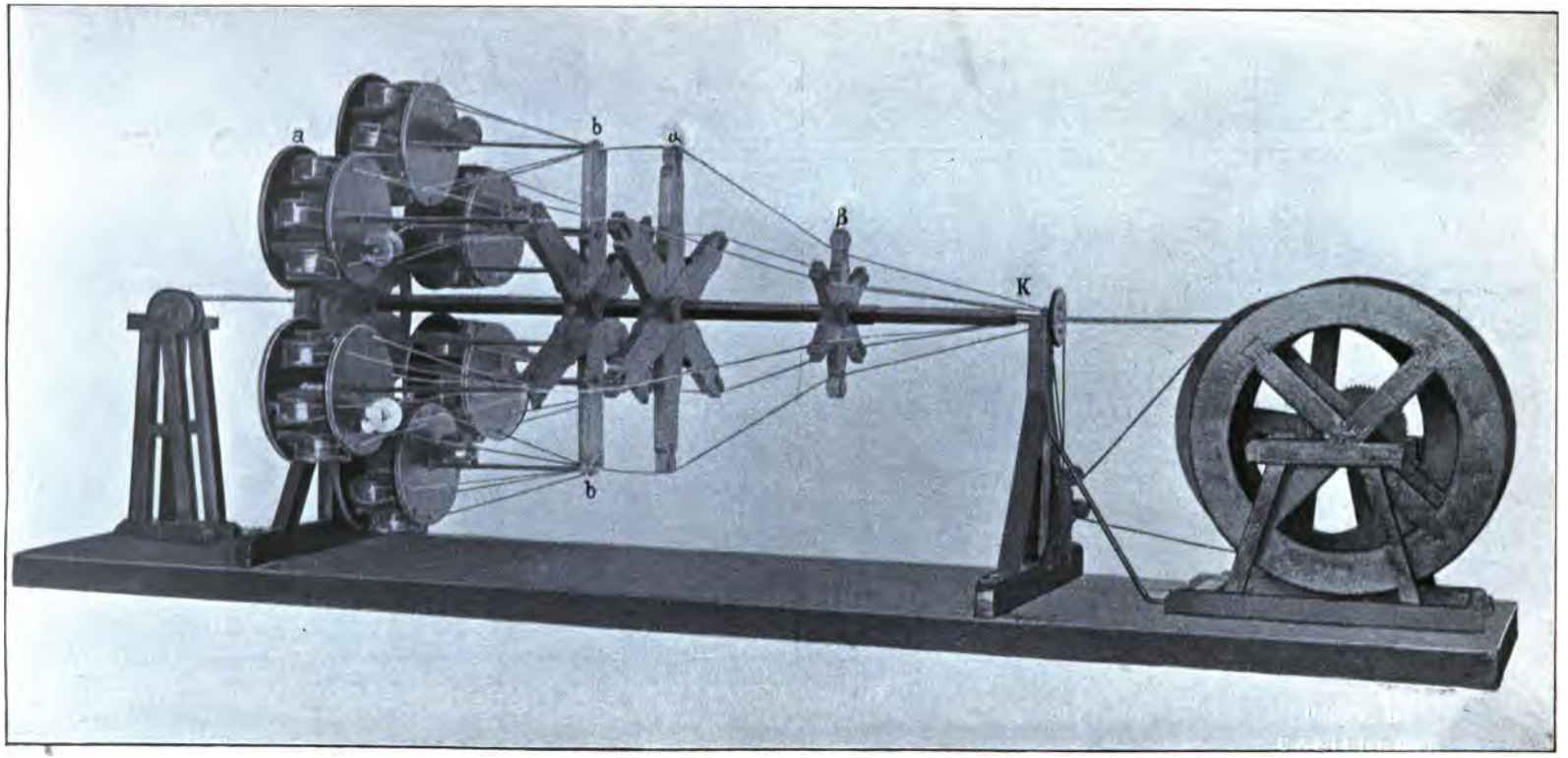


Schemnitzer

Drahtseil Flechtmaschine.

Nach der Originalzeichnung des Schemnitzer Montan-Archivs.

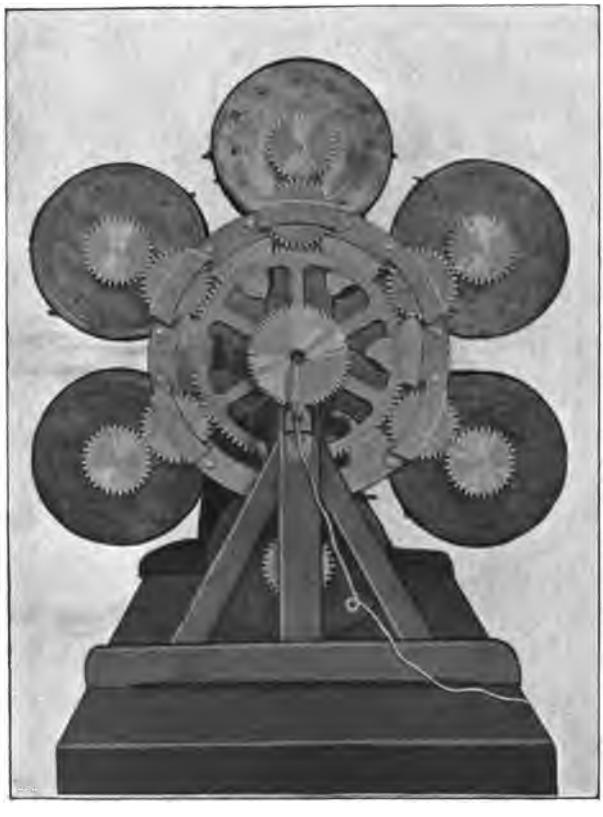
IIa. Combinirte Litzen- und Seil-Flechtmaschine
in Holzconstruction.



Nach einem (noch betriebsfähigen) Modell der k. k. Bergakademie Přibram
aus d. J. 1850—55 (circa), photographirt von Prof. Ad. Hofmann.

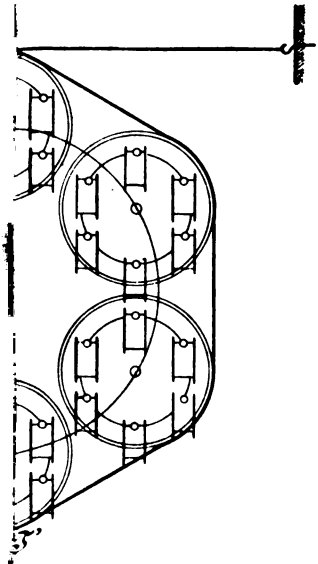
IIb. Rückansicht des Flechtmaschinen-Modells IIa.

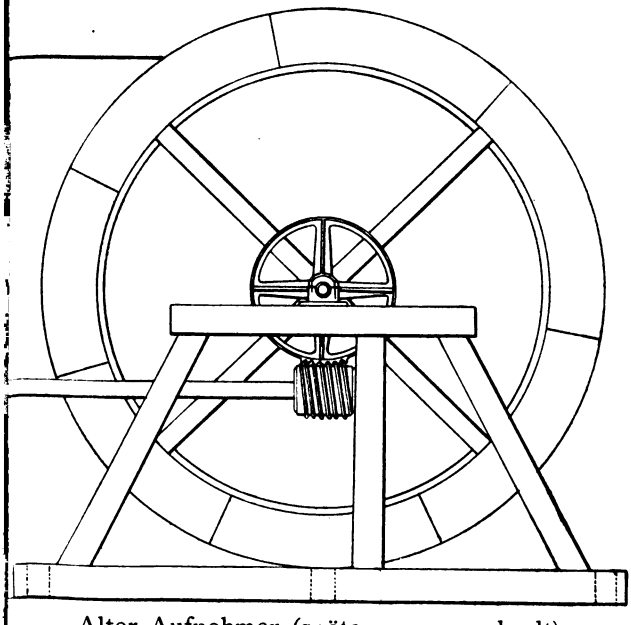
Planetenräder-System.



In etwas grösserem Maassstabe als IIa.

ission in halber Grösse.



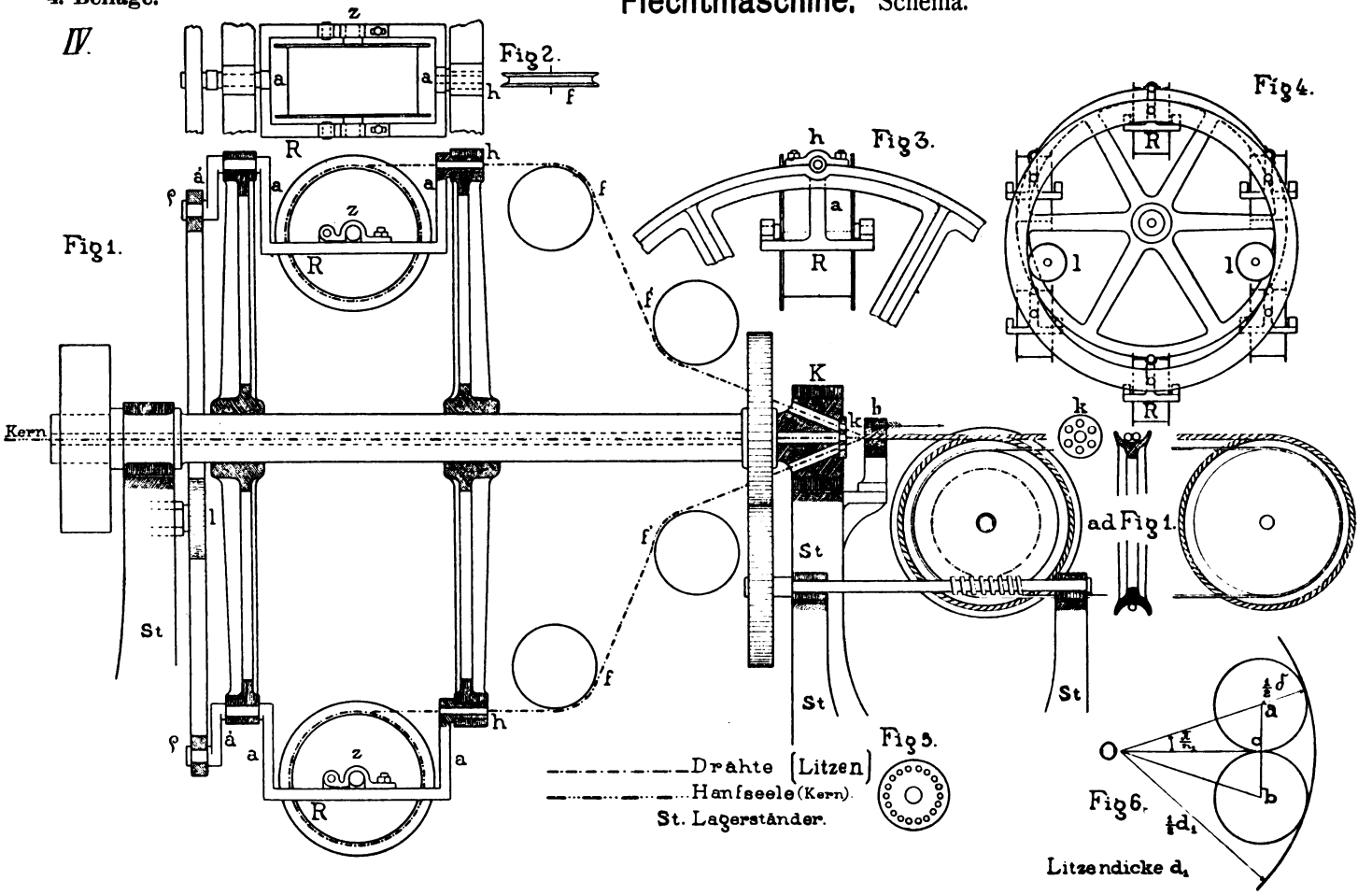


Alter Aufnehmer (später ausgewechselt).

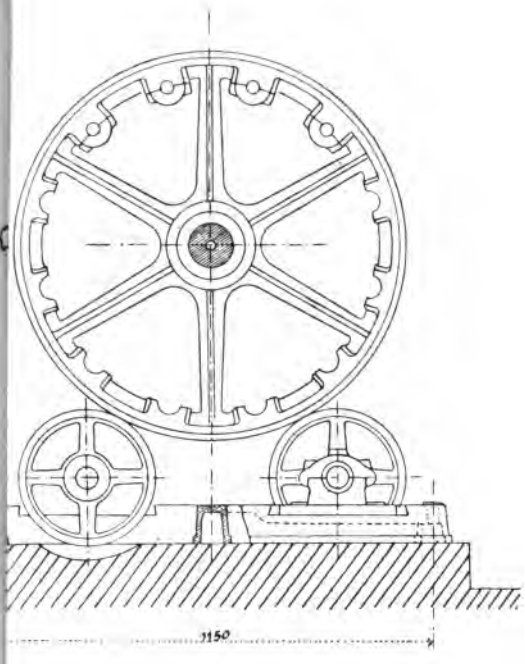
4. Beilage.

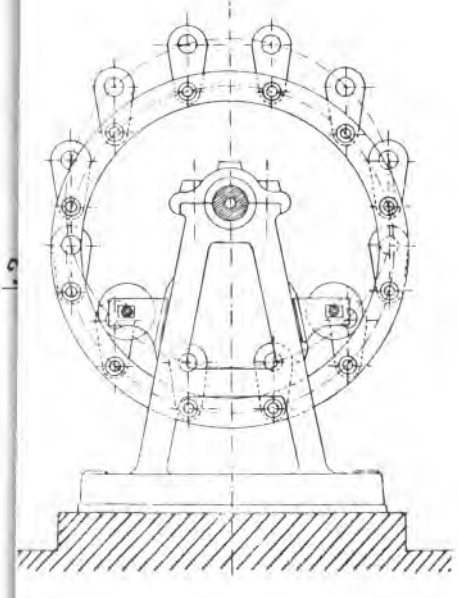
IV.

Flechtmaschine. Schema.



5.





6. Beilage.

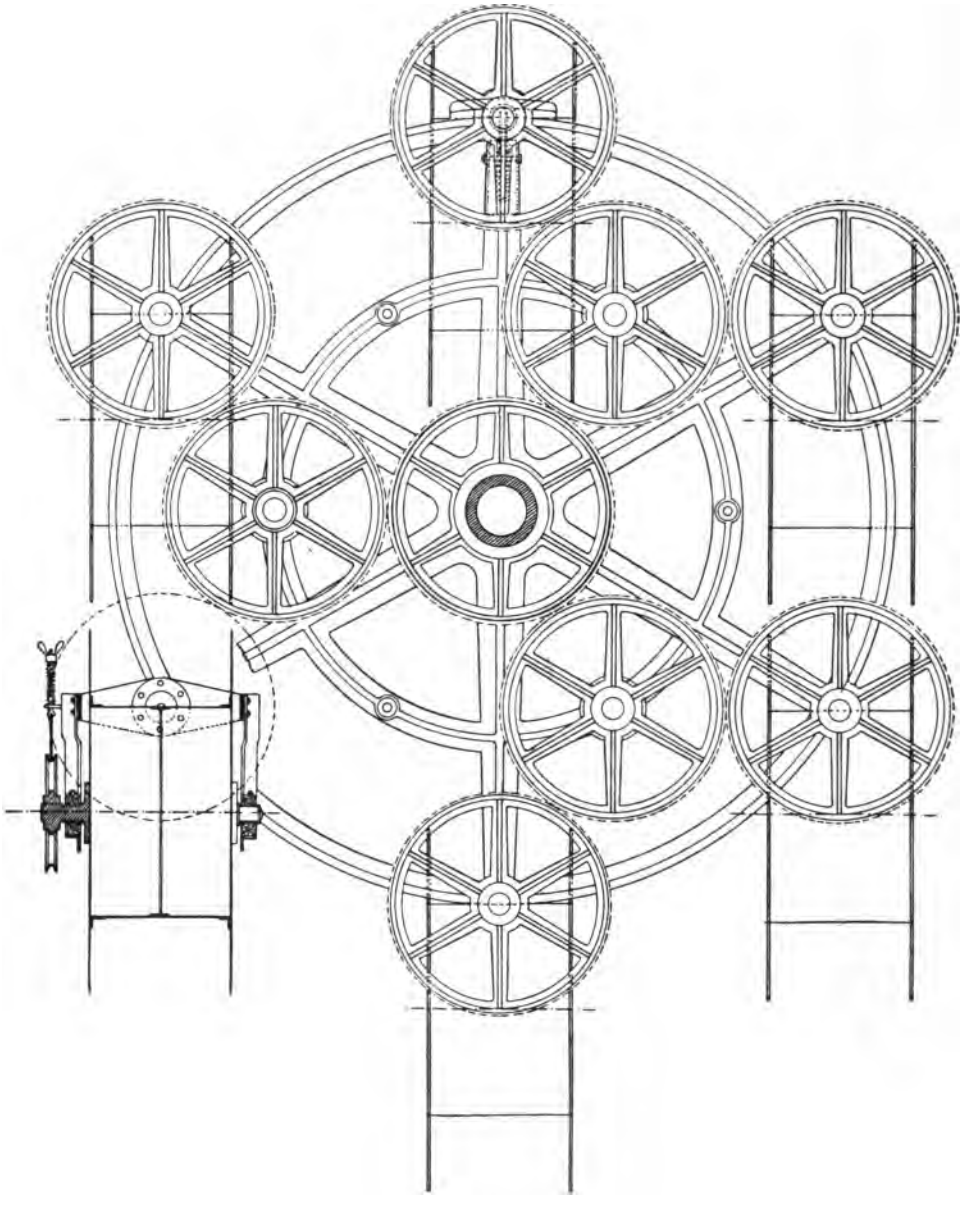
18spulige Litzenflechtmaschine.

Aus der k. k. Drahtseilfabrik Fribram, 1901.

7. Beilage.

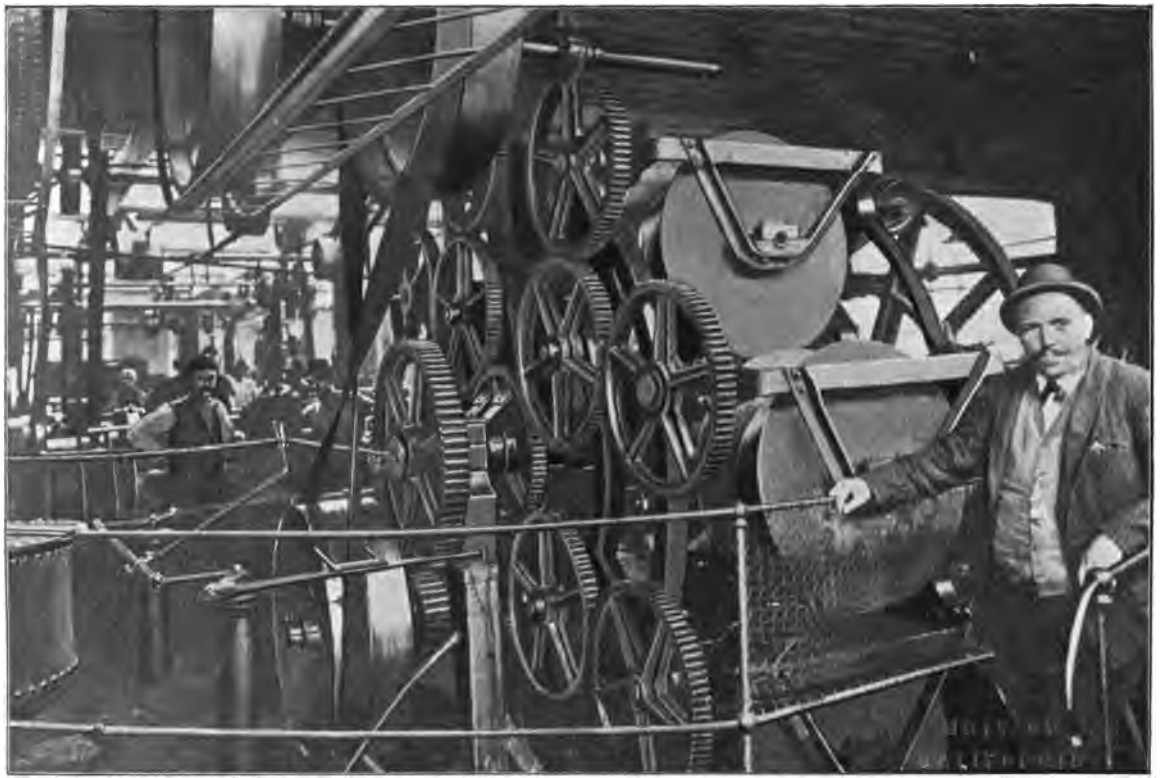
Sechsspulige Seilflechtmaschine.

Rückansicht.



Planetenräder und eine Spule in Ansicht.

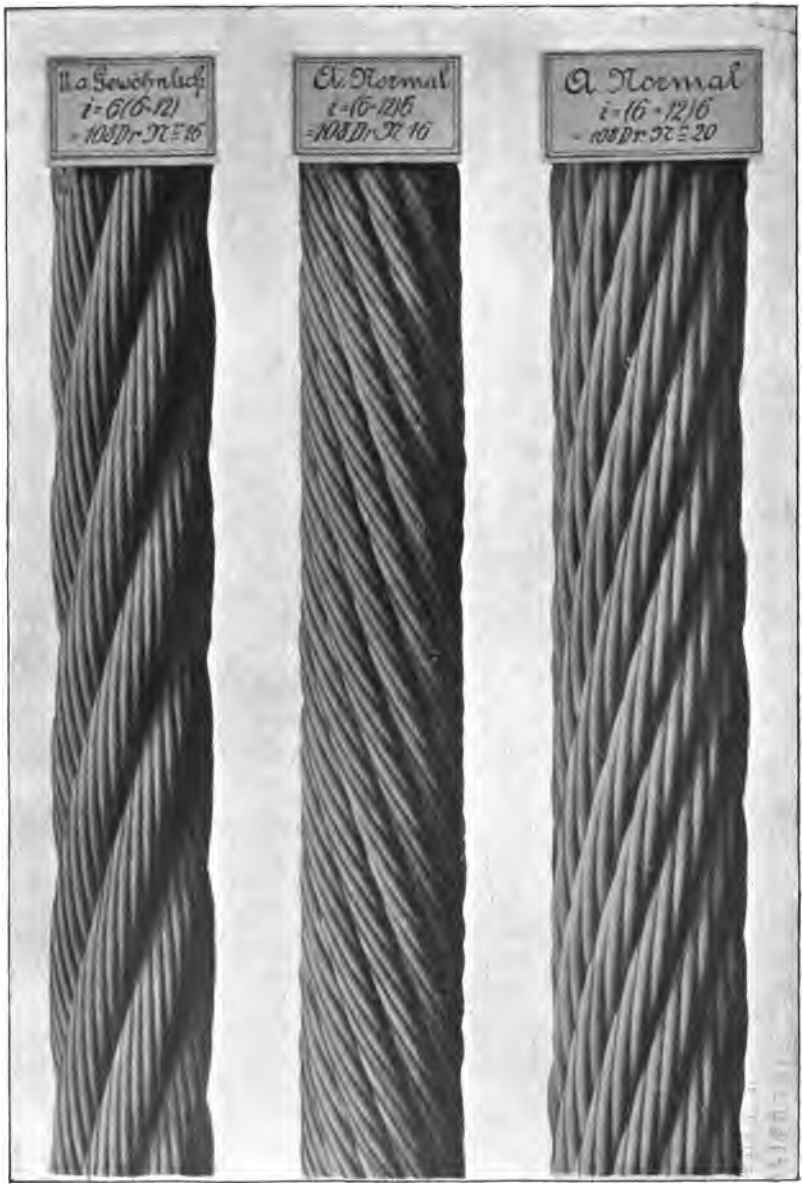
Achtspulige Seilflechtmaschine.



Aus der k. k. Drahtseilfabrik Přibram.

9. Beilage. **Ansichten normaler Drahtseile**

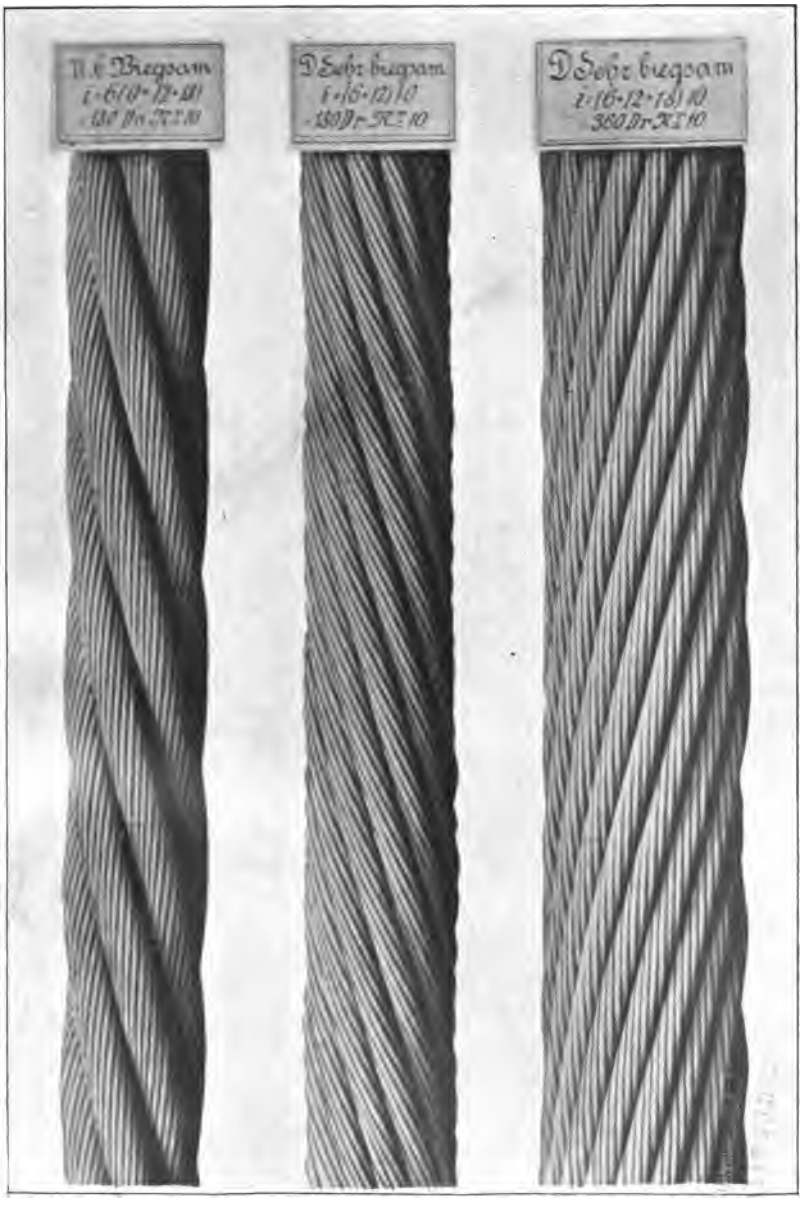
alter Construction. neuer Construction (Litzenspiralseile).



Kreuzschlag. Albertschlag. Kreuzschlag.

10. Beilage. **Ansichten „biegsamer" Drahtseile**

alter Construction. neuer Construction (Litzenspiralseile).



Kreuzschlag. Albertschlag. Kreuzschlag.

YD 24891

M113991

TS 1787
H7

THE UNIVERSITY OF CALIFORNIA LIBRARY